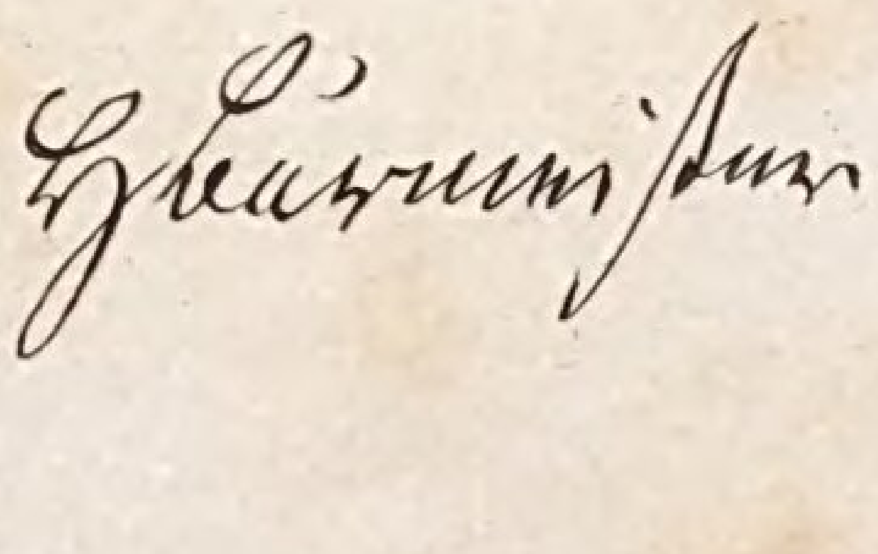


Nach Daguerrotypie. A. Weger gest. Leipzig.



Geschichte

1856.



Geschichte

der

Schöpfung.

Eine Darstellung

des

Entwickelungsganges der Erde und ihrer Bewohner.

Für die Gebildeten aller Stände.

Von

Hermann Burmeister

Professor der Zoologie zu Halle.

Sechste verbesserte Auflage.

Mit dem Bildniß des Verfassers.

(Volksausgabe.)

Mit 228 grösstentheils nach Handzeichnungen des Verfassers in Holz geschnittenen Illustrationen.

Leipzig

Verlag von Otto Wigand.

1856.

So wie der Mensch sich nun Organe schafft, um die Natur zu befragen und den engen Raum seines flüchtigen Daseins zu überschreiten, wo er nicht mehr bloß beobachtet, sondern Erscheinungen unter bestimmten Bedingungen hervorzurufen weiß, wie endlich die Philosophie der Natur, ihrem alten dichterischen Gewande entzogen, den ernsten Charakter einer denkenden Betrachtung des Beobachteten annimmt; treten klare Erkenntniß und Begrenzung an die Stelle dumpfer Ahndungen und unvollständiger Inductionen. Die dogmatischen Ansichten der vorigen Jahrhunderte leben dann nur fort in den Vorurtheilen des Volks und in gewissen Disciplinen, die in dem Bewußtsein ihrer Schwäche sich gern in Dunkelheit hüllen. —

Alex. v. Humboldt im Kosmos, I. S. 5.

Zueignung.

Statt der Vorrede.

Die Ihr, wie sie in meinen Worten leben
Gedanken folgt, womit mein Geist sich nährte,
Seit emsig Forschen mir die Kraft gewährte,
Des ird'schen Stoffes stetes Wechsel-Weben,

Verborgner Mächte Drang und wirksam Heben,
Das einst der Berge hohes Haupt zerstörte,
Zu Trümmerschichten Fels und Stein verzehrte,
Um neuen Keimen frischen Grund zu geben, —

Euch vorzuführen; — laßt mich ferner sehen,
Daß meine Arbeit freudig Ihr ergreifet,
Weil Euer Sinn an ihrem Inhalt reifet. —

Gar Viele pflegen wirren Pfad zu gehen,
Euch einzulullen, statt den Blick zu klären! —
Die Wahrheit siegt, sie wohnt in ew'gen Sphären.

Inhalt.

Uebersicht der Holzschnitte.

1.

Gegenstand der Betrachtungen. — Methodik. — Theorien der Erdbildung. — Neptunismus und Vulkanismus.

Geschichte der Schöpfung würden wir im weitesten Wortsinne eine Darstellung der gesammten Erscheinungen nennen dürfen, welche das Entstehen des Weltalls von seinem ersten Ursprunge bis auf die gegenwärtige Zeit begleiten. Eine so umfassende Schilderung ist indessen diejenige nicht, welche hier beabsichtigt wird. Denn die Erfahrungen über den Bau der Himmelskörper im Einzelnen sind unbedeutend, und wegen mangelhafter, nur aus zu großen Entfernungen mit unzureichenden Hülfsmitteln möglicher Wahrnehmungen kaum geeignet, uns über die physische Beschaffenheit dieser Körper im Ganzen aufzuklären; geschweige denn von ihrer Bildungsgeschichte, ihren Entwickelungskatastrophen und ihren Bewohnern eine deutliche Vorstellung zu verschaffen. Unter solchen Umständen wird sich ein Versuch, die Schöpfungshergänge im Allgemeinen zu beschreiben, wenn er von wirklich beobachteten Thatsachen ausgehen soll, auf denjenigen Weltkörper beschränken müssen, welcher der unmittelbaren Ansicht nicht bloß auf seiner Oberfläche zugänglich ist, sondern uns selbst einen Blick in die Tiefe, so weit sie erforscht wurde, gestattet. Dieser Weltkörper ist die Erde. Wir werden daher auf den nachfolgenden Blättern ein Gemälde zu entwerfen suchen, welches, die Eigenschaften der Erde als Himmelskörper und Glied des Sonnensystems gleich bekannten Thatsachen voraussetzend, die Epochen ihrer Bildung darzustellen sich bemüht, die Ursachen der Umwälzungsperioden zu ermitteln sucht, die Eigenthümlichkeiten jeder einzelnen Hauptperiode zu verzeichnen strebt und das organische Leben in seinen allgemeinsten Kriterien während jeder Periode zu vergegenwärtigen beflissen ist. Unser Bild kann aber unmöglich alle einzelnen Nebendinge erörtern, welche bei den großartigen Erscheinungen eine untergeordnete Rolle spielen; es kann eben so wenig jedes Glied der organischen Schöpfung hervortreten lassen, welches in einer besonderen Periode auftritt; vielmehr werden wir uns bemühen, den Hergang im Ganzen und Großen aufzufassen und die Schöpfung immer nach derjenigen Richtung darzustellen, welche in jeder einzelnen Periode die charakteristische und wahrhaft bezeichnende des Bildungsganges ist.

Bevor wir aber diese Darstellung selbst beginnen, wird es nöthig sein, uns über die Mittel aufzuklären, welche zur Ausführung und Vollendung derselben vorliegen; denn auch dieser so beschränkte Inhalt unserer Geschichte ist immer noch ein sehr umfassender. Dabei gewahren wir bald, daß es Mittheilungen von Augenzeugen, welche das Factum in seiner Begebniß mit verfolgen konnten, wie wir solche in der Geschichte der Völker als die wichtigste Quelle unserer Kenntnisse betrachten müssen, nicht geben könne, sondern daß wir die Umwälzungserscheinungen lediglich aus den Resultaten werden ableiten müssen, welche uns die Erde in gegenwärtiger Zeit selbst darbietet. Denn noch heute arbeitet sie, wie alle wissenschaftlichen Erfahrungen bestätigen, ganz mit denselben Mitteln, deren sie seit ihrer Existenz im Weltraume als individualisirter Körper zur Ausbildung und Umgestaltung ihrer Oberfläche sich bedient hat; noch jetzt verändert sie, wenn auch langsam und geringe, ihr äußeres Ansehen in einer ähnlichen Weise, wie früher. Die Basis alles Wissens wird also in ihrer Geschichte ein genaues Studium der Gegenwart sein müssen, und mit den Resultaten dieser Untersuchungen ausgerüstet, werden wir uns an die Deutung und Darstellung früherer Perioden wagen dürfen. Wir werden, wenn wir auf Erscheinungen stoßen, welche über Wahrnehmungen in gegenwärtiger Zeit hinausreichen, zu Erklärungen uns wenden, die auf Aehnlichkeiten mit gegenwärtigen Begebnissen ruhen, und werden diesen Aehnlichkeiten um so größere Wahrscheinlichkeit verleihen können, je allseitiger wir sie mit Erscheinungen der Gegenwart zu vergleichen und durch allgemeine Naturgesetze zu unterstützen im Stande sind. Solche Darstellungen, denen wir den Namen Hypothesen beilegen, werden in unserer Schöpfungsgeschichte immer eine große Rolle spielen müssen, und auf ihrem Gebiete, auf dem der Wahrscheinlichkeit, werden wir uns um so mehr befinden, je ferner der Zeitpunkt, den wir betrachten, der Gegenwart liegt, und je weniger sein Factum durch Thatsachen in gegenwärtiger Zeit sich ergründen und begreifen läßt. Auf solche Weise haben Untersuchungen über den früheren Zustand unseres Erdkörpers stets zu Resultaten geführt, die der jedesmaligen Bildungsstufe des Beobachtungsvermögens eben so sehr, wie den allgemeinen physikalischen Kenntnissen entsprachen.

Es würde eine interessante Betrachtung sein, wollten wir die Ergebnisse beider Hülfsmittel, wie sich dieselben mit der Zunahme des einen oder des andern nach und nach gestaltet haben, hier im Zusammenhange verfolgen, und zunächst eine kurze Geschichte der Ansichten und Meinungen einschalten, welche man von den Schöpfungshergängen bisher gehabt hat; allein die Größe unserer Aufgabe verstattet uns eine solche Abschweifung nicht, wir begnügen uns vielmehr mit dem Resultate, daß die in jeder Zeit aufgestellte Lehre auf zwei Grundansichten zurückgeführt werden könne, deren Unterschiede wir durch die Benennungen von Neptunismus und Vulkanismus zu bezeichnen pflegen. —

Der neptunistischen Ansicht zufolge war der Erdkörper in seiner frühesten Gestalt eine Mischung im Wasser aufgelöster oder wenigstens schwebender Materien, von welchen letztere durch langsamen Niederschlag schichtweise Lagen bildeten, während Verdunstung des Wassers die in ihm aufgelösten Stoffe nöthigte, sich in fester Gestalt abzusetzen und zwischen jenen Lagen, sei es über oder unter ihnen, neue zu bewirken, worauf spätere sich fortdauernd niederschlagen konnten, bis die Masse beider Stoffe sich erschöpft und aus dem Wasser abgesetzt hatte. Der Neptunist behauptet ferner, daß alle Bestandtheile des Erdkörpers, die im Wasser unauflöslich sind, sich je nach ihrer Schwere in der chaotischen Mischung aller schnell oder langsam senkten und die schwersten von ihnen zunächst um den festen Kern sich absetzten, während die leichtern und leichtesten ihnen folgten. Diesen festen Kern ließ man durch Krystallisation von Stoffen entstehen, die im Wasser damals aufgelöst sein sollten, und deren Abscheidung und krystallinischen Anschuß man dadurch zu erklären dachte, daß man dem Wasser den allmäligen Verlust einer gewissen Fähigkeit zuschrieb, vermittelst welcher dasselbe diese Stoffe aufzulösen oder aufgelöst zu enthalten im Stande war, während es heutiges Tages diese Substanzen nicht mehr auflösen kann. Solche krystallinisch angeschossene Materien bildeten das Gerüst, an welches sich die erdigen Niederschläge anlehnten, und über welche die Spitzen und Zacken der krystallinischen Stoffe noch hervorragten. Daraus erklärte der Neptunist den Ursprung der Gebirge und die schichtweise Lagerung der erdigen Bestandtheile am Fuße derselben bis in die Ebenen, welche endlich alle Gebirge umgeben. Das übrig bleibende Wasser erfüllte dann die allertiefsten Stellen, und als später Verdunstung und Niederschlag aus der Atmosphäre sich die Wage hielten, blieb das Niveau des Meeres in unveränderter Höhe durch alle folgenden Zeiten stehen.

So lautete die neptunistische Hypothese und gründete sich auf Thatsachen, die nicht abzuweisen sind, so lange mit gutem Erfolge, als man noch nicht im Besitz von Erfahrungen sich befand, die ihre Allgemeinheit und vollständige Gültigkeit für unmöglich erklären. Ehe wir uns zur Betrachtung der letztern wenden, ist es nöthig, diejenigen Thatsachen weiter zu verfolgen, welche der neptunistischen Ansicht als entschiedene Stützen dienen.

Allerdings zeigt uns die nähere Untersuchung der Ebene an allen Orten eine durchaus schichtweise Absetzung ihrer Bestandtheile. Diese Schichten kehren nicht bloß fast allgemein wieder, sondern sie folgen auch da, wo sie auftreten, in derselben Reihe auf einander, und wenn es gleich häufig beobachtet worden ist, daß einzelne der parallelen Schichten in der Reihenfolge fehlen, so zeigt uns die Ebene doch nirgends den Fall, daß gewisse Schichten irgendwo in einer andern normalen Folge auftreten, als sie sonst oder gewöhnlich aufzutreten pflegen. Noch mehr aber, als diese Lagerung, spricht für einen allmäligen Absatz der Schichten aus dem Wasser

ihre innere Beschaffenheit selbst. Bestehen sie nämlich, wie in der Regel, aus Stoffen, die im Wasser unauflöslich sind, so haben sie ganz entschieden alle Eigenschaften, welche wir noch jetzt an eben gebildeten wässerigen Niederschlägen, den Sedimenten, wahrnehmen. Ihre Substanz ist eine fein zertheilte oder erdige, deren Bestandtheile mechanisch an einander gefügt sind, und die, je nachdem diese Zusammenfügung inniger oder lockerer ist, einen verschiedenen Grad der Härte und Festigkeit besitzt. Immer besteht diese Masse aus Thon oder Kalk, welcher theils rein bleibt, theils innig mit Quarzsandkörnern sich mischt, und darnach, ob die letzteren im Thone oder Kalke liegen, verschiedene Benennungen führt, bis die Sandkörner so überwiegend auftreten, daß die ganze Schicht bloß aus ihnen zu bestehen scheint. In sich selbst haben die einzelnen Schichten häufig wieder eine schichtweise Ablagerung, die bald dünner bald dicker ist, ja selbst bis zur feinsten Plattenbildung geht, in welchem Falle die Masse den Namen Schiefer bekommt, der je nach ihrer Beschaffenheit ein thoniger, kalkiger oder gemischter Schiefer sein kann. Ohne Zweifel weist diese schiefrige Textur der Masse auf eine schichtweise Absetzung hin, und wenn wir nun in allen diesen Lagen an geeigneten Stellen die unzweifelhaften Reste von Organismen finden, welche nur im Wasser leben können, also auch leben mußten, so dürfen wir mit Recht annehmen, daß diese Schichten Niederschläge aus dem Wasser sind, und daß zur Zeit ihrer Bildung das Wasser, aus dem sie niederfielen, mit organischen Wesen bereits bevölkert war. Denselben Beweis führen diese Reste organischer Körper, bekannt unter dem allgemeinen Namen der Versteinerungen, auch dann, wenn sie nicht von Wasserbewohnern, sondern von Landgeschöpfen herstammen; denn keine organische Substanz, selbst nicht die kalkige, aus welcher die Schalen und Gerüste der Thiere bestehen, ist feuerbeständig, oder erhält sich auch nur einigermaßen getreu in hohen Hitzgraden. Nie können also Schichten, welche Versteinerungen enthalten, sich in einem feurig-flüssigen oder geschmolzenen Zustande befunden haben, sondern nur in wässeriger Auflösung oder Mischung; überall weisen sie auf einen Niederschlag aus dem Wasser für diejenige Schicht hin, in welcher man sie antrifft. Zugleich geben die Versteinerungen, wenn sie von Landgeschöpfen herstammen, den sichersten Beweis, daß zur Zeit ihrer Existenz schon Land vorhanden war, und die Erde nicht mehr von einem einzigen großen Weltmeer bedeckt sein konnte; ihre Fundstätte aber und die Bildung der Schicht, in der sie liegen, als Niederschlag aus dem Wasser, setzt es außer allem Zweifel, daß das Meer sich damals über diesen Theil des Landes noch ausbreitete und die Organismen, welche seine Küsten bewohnten, nach ihrem Tode in sich aufnahm; sei es, daß sie, natürlichen Todes verblichen, ihm von abfließenden Gewässern zugeführt wurden, oder daß das ausgetretene Meer sie ertränkte, bei seinem spätern Rücktritt mit sich fort schwemmte und in die neue Schicht einbettete, welche es während dieser Katastrophe aus sich niederschlug. —

Nach solchen unzweifelhaften Zeugen ist die Annahme eines neptunischen Ursprungs für alle parallel geschichteten und Versteinerungen enthaltenden Lagen des Erdkörpers eine wohl begründete, sehr natürliche Ansicht, und die Unmöglichkeit irgend einer andern Hypothese für sie ganz so evident, wie es eine wissenschaftlich beglaubigte Thatsache nur sein kann.

Aber der Erdkörper besteht nicht durchweg aus geschichteten Lagen, ein großer und der bei weitem größere Theil desselben hat ein anderes Gefüge, ein krystallinisches oder derbes [1]). Gesteine, welche diese Beschaffenheit zeigen, können schon deshalb nicht als mechanische Niederschläge angesehen werden; sie enthalten zugleich sehr selten Versteinerungen und nöthigen uns dadurch zu der Annahme, daß zur Zeit ihrer Bildung entweder noch keine Organismen vorhanden waren, oder daß sie in einer Weise gebildet wurden, die dem Bestehen der organischen Substanz zuwider ist. Beide Annahmen sind zulässig, aber nicht überall gleich wahrscheinlich; denn da wir krystallinische oder derbe Gesteine an vielen Stellen auf Lagen aufliegend antreffen, die Versteinerungen enthalten, so ist es wohl nicht erlaubt, an der Möglichkeit des organischen Lebens zur Zeit ihrer Auflagerung und Bildung zu zweifeln, vielmehr der andere Grund wahrscheinlicher, daß sie in einer Weise gebildet wurden, die das Erhalten organischer Materie in ihnen unmöglich machte. Findet sich nun, daß auch diejenigen krystallinischen oder derben Gesteine, welche tiefer liegen, als alle geschichteten Massen, dieselben Eigenschaften, dasselbe Gefüge, dieselben Bestandtheile haben, welche wir an jenen späteren, nicht Versteinerungen enthaltenden Auflagerungen wahrnehmen, so liegt es nahe, auch ihnen eine ähnliche Bildung zuzuschreiben, und einen feurigen geschmolzenen Urzustand bei ihnen vorauszusetzen. Ein solcher wird auch gegenwärtig für diese Materien eben so allgemein angenommen, wie der wässerige Ursprung für die geschichteten, mit Versteinerungen durchwebten Lagen, und da diese Annahme zugleich über die Möglichkeit großartiger Umwälzungen der schon vorhandenen Erdoberfläche den besten Aufschluß ertheilt, so hat man einen Grund mehr, sie für Thatsache zu erklären. Der Vulkanismus wird

---

1) Die Ausdrücke krystallinisch und derb, aus der wissenschaftlichen Kunstsprache entlehnt, bedürfen einer nähern Erklärung. Krystallinisch nennt man Gesteine, die aus einer homogenen, auch bei der genauesten Untersuchung durch das Mikroskop einfachen Substanz bestehen, und in ihrem Innern unsichtbare, konstant gegen einander gelagerte Theilungsflächen besitzen, nach denen sie bei heftigen Einwirkungen von Außen zerspringen. Die allermeisten krystallinischen Gesteine sind mehr oder weniger durchsichtig, die erdigen dagegen nie. Derb nenne ich hier alle nicht erdigen und nicht deutlich krystallinischen Gesteine und unterscheide sie von den letztern durch den Mangel natürlicher versteckter Theilungsflächen, von den erstern durch den Mangel einer in sich fein zertheilten, erdigen Beschaffenheit. Gewöhnlich bezeichnet man indeß mit dem Ausdruck derb alle nicht schiefrigen Materien, wenn sie in großen Massen auftreten.

durch sie ebenso gerechtfertigt, wie der Neptunismus durch jene früheren Angaben über die geschichteten Erdlagen. —

Indeß begnügt er sich nicht mit einer so untergeordneten Zulässigkeit, wie das Auftreten versteinerungsloser krystallinischer Massen an einzelnen Stellen der Erdoberfläche sie erlaubt; er verlangt die Priorität bei der Gestaltung der Erde für sich und behauptet, daß die Erde anfangs einmal nichts als feurig-flüssige, geschmolzene, vielleicht selbst dampfförmig ausgedehnte Materie gewesen und aus diesem Zustande nach und nach durch allmälige Abkühlung auf der äußeren Oberfläche in den festen Zustand übergegangen sei. Er sucht diese Behauptung durch die Anwesenheit der noch jetzt thätigen Vulkane und die Uebereinstimmung ihrer Auswurfsmassen mit den krystallinischen oder derben, versteinerungslosen Gesteinen des Erdkörpers zu beweisen, und stützt seine Ansicht ebensosehr darauf, daß die Temperatur der Erde zunimmt, je mehr wir in die Tiefe hinabsteigen, als auf die Beobachtungen von theilweis dunstförmigen oder in anderen Dichtigkeitsgraden ihrer Materie noch befindlichen Weltkörpern unseres eignen Sonnensystemes. Der Vulkanist geht also ebenfalls von einem flüssigen Zustande des Erdkörpers aus, aber nicht von einem wässerigen, sondern von einem geschmolzenen. Er giebt die gleichmäßige Ablagerung aller anfangs flüssigen tellurischen Materie um einen Mittelpunkt nicht bloß zu, sondern er behauptet dieselbe als die einzig mögliche, wenn seine Ansicht die richtige ist. Er lehrt dann ferner ein schichtweises Absetzen der erkalteten Materien und ein Aufhäufen derselben übereinander je nach den Gesetzen ihrer specifischen Schwere, und räumt ein, daß geschichtete, Versteinerungen umschließende Lagen als Niederschläge aus dem Urmeer zu betrachten seien, welches sich als ein leichteres Element über der erdigen oder steinigen Rinde ausbreiten mußte. Aber er bestreitet die Ansicht der Neptunisten, daß sich uranfangs schon krystallinisches Gestein über die ältesten und ersten Schichten der kälteren Erdrinde erhob, und an dieses, wie an einen festen Kern, sich die geschichteten Massen absetzten; denn er behauptet vielmehr, daß durch verschiedene Ursachen die festgewordene Rinde zerrissen wurde, und aus den entstandenen Spalten geschmolzene Materien sich empordrängten, welche in der kälteren Umgebung erstarrten und eine feste Form erst annahmen. Diese Massen hoben, bei fortdauernder Wirkung, die über ihnen liegende geschichtete Decke an ihren Seiten in die Höhe und legten das erste Land trocken; womit der Unterschied von Land und Meer gegeben war. Die Unebenheit des Landes, der Fall seiner Schichten, bedingt durch die Erhebung der Gebirge, wird so eine natürliche, dem bloßen Neptunisten freilich unbegreifliche Erscheinung, welche von ähnlichen oder verwandten Ursachen aufs neue hervorgerufen, so lange wiederkehrte, bis nach und nach alles heutige Land über den Meeresspiegel emporgestiegen war. —

Wenn jemals hypothetische Annahmen, deren empirische Begründung

durch Augenzeugen im Bereich der Unmöglichkeit liegt, durch Thatsachen unterstützt wurden, die ihnen Gültigkeit zu verleihen scheinen, so sind es diese hier eben vorgetragenen Ansichten der Vulkanisten; denn alle Erscheinungen der Erdoberfläche kommen ihnen zu Hülfe und bestätigen sie auf eine wahrhaft überraschende Weise. Darum dürfen wir der vulkanistischen Ansicht mit Recht den Vorrang zuerkennen, und die neptunistische nur in untergeordneter Bedeutung gelten lassen. Wir werden ihr zwar den wichtigen Antheil, welchen das Wasser an der Gestaltung der Erdoberfläche immer gehabt hat, weder wegräsonniren können, noch wollen; wir werden vielmehr gern zugeben, daß daran das feuchte Element mehr geformt und gemodelt habe, als das heiße; aber wir werden doch immer zur Bewegung jener Wassergewalt keine anderen als vulkanische Ursachen auffinden können, und somit die erste Quelle und den Grund aller Revolutionen und Umgestaltungen des Erdkörpers dem Vulkanismus anheimgeben müssen.

2.

Mechanische Wirkungen des Wassers in der Gegenwart, untersucht an den Flüssen, Seen und am Meere. Sedimentbildung.

Die bisherigen theoretischen Betrachtungen hatten keinen anderen Zweck, als den Leser über die Richtung im Allgemeinen aufzuklären, welche bei Schilderung der Schöpfungshergänge zu nehmen ist. Denn die Erscheinungen der Gegenwart sollen begriffen, aus Thatsachen die Ursachen entwickelt und das verworrene Verhältniß derselben unter einander soll so dargestellt werden, daß die Einheit des Planes im Ganzen klar und verständlich, die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen aber als das nothwendige Resultat der gesetzten Grundursache erkannt werde. Dies ist ohne irgend eine Kenntniß der verschiedenen Grundursachen überhaupt unmöglich, und daher mußten sie zuerst berührt werden. Wir sind durch ihre Erörterung zu der Ansicht gelangt, daß zwei Agenten in der Schöpfung die Hauptrollen spielen, und daß dem einen von beiden zwar der Vorrang hinsichtlich seiner Bedeutung zugeschrieben werden müsse, dem anderen aber auch ein nicht zu übersehender Antheil an den Erscheinungen zukomme. Dieses Resultat ist freilich ein vorweggenommenes, gleichsam ein vorgefaßtes, welches durch die nachfolgende Darstellung erst bewiesen werden soll; wir müssen uns also zur Beweisführung desselben anschicken, indem wir diejenigen Einflüsse näher untersuchen, welche in gegenwärtiger Zeit auf die Gestaltung und Veränderung der Erdoberfläche von dem feuchten wie heißen Elemente ausgeübt werden. Diese Untersuchung wird uns am besten zur Beurtheilung von ähnlichen Erscheinungen in früheren Schöpfungsperioden befähigen.

Was die Thätigkeit des Wassers betrifft, so kann dieselbe eine doppelte sein, nämlich eine mechanische und eine chemische. Im ersten Falle wirkt das Wasser bloß abwaschend oder anschwemmend, überhaupt einfach bewegend; im zweiten Falle löst es Stoffe auf, verstattet in der Auflösung mancherlei Einwirkungen der Materien auf einander und scheidet die eine oder die andere, ja endlich alle, aus der Auflösung dadurch wieder ab, daß es verdunstet oder durch Verdampfung bei höheren Hitzgraden entfernt wird. Von allen diesen Thätigkeiten liefert uns das Wasser noch heut zu Tage auf der Erdoberfläche Beweise.

Bei weitem am einflußreichsten ist die mechanische Thätigkeit; sie bildet die eigentliche Hauptmacht der modernen Veränderungen, und muß aus diesem Grunde zunächst berücksichtigt werden. Auch entziehen sich ihr kaum die härtesten Gesteine, ja auf alle übt das Wasser in Verbindung mit der atmosphärischen Luft mächtige Einflüsse aus. Achten wir z. B. nur auf den fallenden Wassertropfen, wie er sich nach jahrelanger Wiederholung endlich eine Höhlung in den Stein bohrt, den er trifft, und wie dieselbe bald schneller bald langsamer entsteht, je nach der Höhe, von welcher er fällt und nach der Härte des Steins, der ihm entgegensteht. Die Beobachtung einer einzigen Traufreihe, wie wir sie am Fuße alter Gebäude, deren Boden in geraumer Zeit nicht durch Menschenhände verändert ward, wahrnehmen können, lehrt uns, daß der härtere Stein dem fallenden Tropfen länger widersteht, daß der Sandstein von allen am leichtesten nachgiebt, daß die Kalksteine schon mehr Widerstand leisten, daß die gutgebrannten Ziegel auch diese noch an Festigkeit übertreffen, und daß endlich der lockere Flugsand nie an diesen Stellen haftet, sondern nach jedem Regen fortgespült wird. Noch bestimmter sehen wir das Auswaschungsvermögen des Wassers an Rinnen, in denen es seit langer Zeit sich bewegt hat; wir bemerken bei fortgesetzter Beobachtung, daß das reine Wasser nur langsam abwäscht, daß aber seine abreibende Kraft zunimmt, wenn es Sand oder Kies in sich treibt, und daß die Körnchen gegen den Rand der Rinne unaufhörlich gleichsam nagen, selbst aber von den Rinnenwänden und von einander wieder abgerieben werden. Hier zeigt es sich also deutlich, daß die abwaschende Kraft des Wassers zunimmt, sobald es harte Theile mit sich führt, und daß es außer der abwaschenden Wirkung, die es auf unbewegliche Massen ausübt, auch noch eine bewegende Ursache für alle beweglichen Materien werden kann. Dies ist jedoch nur so lange der Fall, als das Wasser auf einer geneigten Fläche fließt; sobald der Boden, auf dem es ruht, eine ganz horizontale Ebene wird, bleibt es stehen, wenn es sich über dieselbe ausgebreitet hat und keinen Punkt findet, wo die Ebene sich senkt und wieder in die geneigte Lage übergeht. Steht aber das Wasser still, so hört auch die Bewegung der von ihm getriebenen Körper auf, und alle, die nicht leichter sind als das Wasser, fallen in ihm zu Boden; die schwereren schneller, die leichteren langsamer. Das sind die Wirkungen des Wassers, welche man

bei jedem Regen auf der Straße wahrnehmen kann und deren Statthaftigkeit daher keines Beweises mehr bedarf; sie erschöpfen zugleich die Summe von Thätigkeiten, welche das Wasser auf mechanischem Wege zu entfalten vermag, und schließen diejenigen Processe in sich, deren Erfolge man als Sedimentbildungen zu bezeichnen pflegt.

Untersuchen wir die Erscheinungen der Erdoberfläche nach Maaßgabe der eben angedeuteten Ursachen, so finden wir, daß alle jetzt noch eine gewaltige Rolle spielen und daher auch in der Vorzeit unter ähnlichen Umständen gespielt haben werden. Wir brauchen nur einen Blick auf die Thätigkeiten der Flüsse zu werfen, um uns von der Richtigkeit des Behaupteten zu überzeugen. Jeder Bach, jeder Fluß und noch weit mehr jeder Strom führt Gerölle oder abgelöste Bruchstücke härterer Gesteine von verschiedenem Umfange mit sich, und verändert sie ebenso gut, wie den Boden, worüber seine Wassermasse hinrollt, oder den Meerespunkt, wohin er sie ergießt. In den oberen Theilen seines Laufes sind diese Bruchstücke noch eckig, wie sie beim Abbrechen von den benachbarten Felswänden sein mußten; allmälig reiben sie sich ab und nehmen die Scheiben-, Kugel- oder Eiformen an, welche uns an den Geröllen der Ebene oft durch merkwürdige Regelmäßigkeit überraschen. Anfangs werden alle, selbst größere, 2 bis 3 Fuß mächtige Blöcke mit fortgerissen, obgleich die letzteren mehr durch ihr eignes Gewicht, als vom Wasserdruck getrieben, auf der schiefen Ebene hinabzurollen scheinen; denn noch größere, bis 12 Fuß im Durchmesser haltende Hauptblöcke, wie man sie bisweilen unter den Geschieben der Ebene antrifft, bleiben liegen, bis etwa ein im Herbst oder Frühjahr durch die schnelle Vermehrung des Wassers ungewöhnlich verstärkter Strom auch sie von der Stelle treibt. Da wo das Gefälle sich mindert, nimmt die Schnelligkeit des fließenden Wassers und somit auch seine treibende Kraft ab; die schweren Massen setzen sich hier, und bilden mitunter wohl einen Damm, den das hinter ihm aufgestaute Wasser endlich wieder durchbricht oder mit fortführt. Durch die vermehrte Gewalt so großer Druckkräfte gelangen die Blöcke selbst bis zur Ebene und verlieren auf diesem Wege theils durch die eigene Bewegung, theils durch das fortwährende Anreiben der kleineren Stücke, ihre Kanten und Ecken. In der Ebene aber vermindert sich die Schnelligkeit des Laufes um so mehr, je geringer der Fall wird, und da mit der Abnahme des letzteren auch die treibende Kraft nachläßt, so verringert sich in demselben Maaße die Größe der Gerölle, welche der Fluß noch zu bewegen im Stande ist; bald bleibt ihm nur der Kiessand übrig, aus dem das Bett aller Flüsse, die nicht über reinere oder festere Lagen fließen, besteht. Dabei ändert sich seine Farbe je nach dem Erdreich, über dem seine Wasser sich bewegen; denn auch von ihm spülen sie unaufhörlich Theile ab und führen sie so fein zertheilt, wie es ihr Gefüge erlaubt, mit sich fort. Die eigenthümliche Farbe der Flüsse, welche über Sand, Thon oder Lehmboden fließen, rührt von solchen Beimischungen her, gleich

wie das klare oder dunkelschwarze Wasser aller Wald- und Moorbäche; Unterschiede, die sich noch lange erhalten, wenn zwei verschieden gefärbte Ströme zusammentreffen, und eine doppelfarbige in der Mitte fast scharf geschiedene Wassermasse bedingen. Denn jene feinsten erdigen Theile ruhen in den meisten Flüssen nie, so lange sie noch fließen; erst wenn sie ins Meer kommen, hört ihre Bewegung auf, oder wird eine andere. Aus solchem Material entstehen die Sandbänke und Untiefen vor den Strommündungen, oder Deltagebilde, durch welche die eigentliche Mündung des Flusses sich ändert und immer weiter ins Meer hinausrückt. Welche von diesen Erscheinungen eintritt, hängt theils von der Masse des bewegten und ins Meer geführten Erdreiches ab, theils vom Meere und seiner Bewegung, die durch herrschende Winde oder Strömungen bedingt sein kann. Wir werden diese verschiedenen Arten der Absetzungen an einzelnen Beispielen näher erörtern, und bei jeder die Gründe, welche gerade sie veranlaßten, untersuchen.

Kein Strom der Erde eignet sich zu einer solchen Betrachtung besser, als der Nil mit seinen periodischen Ueberschwemmungen, denn er zeigt alle Veränderungen, welche ein Fluß hervorbringen kann, schon deshalb am vollständigsten, weil kein anderer durch einen so langen Zeitraum in seiner Thätigkeit sich verfolgen läßt. Ueber 4000 Jahre reichen bekanntlich viele Denkmäler hinaus, welche sich noch jetzt in seinen Wogen spiegeln, und ebenso alte untrügliche Zeugen geben sie ab für die Umgestaltungen des Bodens, die sein Wellenschlag in ihrer Nähe verursacht hat. — Schon der Lauf des Stromes selbst ist einer der merkwürdigsten, denn es giebt keinen zweiten Fluß von solcher Größe, der so wenig Nebenflüsse besitzt, so lange und unaufhörlich in einem engen Gebirgsthale bleibt, und während dieses Laufes von mehr als 250 geogr. Meilen keinen Zuwachs durch benachbarte Stromgebiete erhält. Nachdem beide Nilarme, der blaue südöstliche und der weiße südliche, bei Khartum sich vereinigt haben[1]), bekommt der nunmehr vollständige Strom nur noch einen Zufluß bei Damer durch den Tacazze oder Atbara, welcher mit ihm die Hochebene der alten Meroë umfaßt; tritt dann in das S förmige Felsenthal Nubiens, stürzt sich in demselben 10mal terrassenförmig über sein Bett durchkreuzende Felswände, und erreicht bei Syene gleich hinter dem zehnten Katarakt das ähnlich gebaute, aber weniger gekrümmte Thal Aegyptens. Bis dahin begleitet ihn Granit unmittelbar, der stellenweis seine Ufer berührt, aber von Syene umgiebt den Strom bis zu einer Höhe von 360—500 Fuß ein Sandsteinplateau, dessen westliche oder libysche Kette sanfter geneigt ist und an der abwärts gewendeten Seite allmälig in die Sandfelder der Sahara übergeht. Die östliche oder arabische Kette, jetzt Gebel Mokattam genannt, wird größtentheils

1) Vergl. über den oberen Nil die interessante Schrift von C. Ritter: Ein Blick in das Nil-Quellland. Berlin 1844. 8. —

von höheren Granitketten überragt, umschließt mehrere sie in schiefer Richtung durchsetzende Querthäler, als alte Verbindungen des Nilthales mit dem rothen Meere, und fällt überall steiler gegen das Strombett ab, daher sich der Fluß meistens dichter an den Ostabhang seines Thales hinandrängt. Zweimal, bei Selseleh und Gebeleyn, treten die Sandsteinmassen so dicht an den Strom', daß nur eben für ihn Platz bleibt; dann erweitert sich das Thal bis auf zwei Stunden, und endet oberhalb Cairo, wo die libysche Kette sich in der Richtung von Nordwest zur Küste wendet, die arabische aber fast rechtwinklig ostwärts zum rothen Meere. Beide umschließen einen Winkel von 140°, in dem der Strom sich ausbreiten, und dessen Boden er mit mehrfachen Armen durchfurchen kann; sind gegen diese Ebene terrassenartig abgesetzt, und noch kurz vor ihrem Abfall von engen Querthälern durchzogen, in denen Gerölle und andere Spuren einen früheren Wasserstand unzweifelhaft nachweisen. Das östliche Thal ist das Thal der Verirrungen, das westliche besteht aus zwei Parallelthälern, von welchen das innere den Namen Strom ohne Wasser (Bahr el bela ma) führt, das äußere die Kette der Natronseen enthält, aus welchen die alten Aegyptier ihr Hauptmittel zur Fabrikation der Mumien gewannen. Auf dem Höhenzuge zwischen beiden Thälern stehen, dem alten Memphis gegenüber, bei Gizeh, die ersten und größten Pyramiden. —

Schon Herodot erklärte (L. 2. c. 5.) das ganze Nilthal für ein neues Gebilde, für ein Produkt des jährlich über seine Ufer tretenden „arbeitenden" Stromes. Auch läßt sich bei näherer Untersuchung des bekannten, an unseren norddeutschen Strömen in ähnlicher Art, wenngleich minder regelmäßig und großartig, auftretenden Phänomens die herbeischaffende, landbildende Thätigkeit des Flusses nicht wohl verkennen. — Zuvörderst bemerken wir über die im Alterthum unbekannte Ursache seines Steigens, daß sie in den anhaltenden Regenergießungen liegt, welche jeden Sommer die Hochlande Habessiniens tränken, nachdem sie als landwärts strömende Dünste aus dem Mittelmeere aufgestiegen und von den glühenden Strahlen der Sahara nach Süden bis an die Hochgebirge weiter getrieben worden. Hier die Gipfel der Berge umlagernd, verdichten sie sich in den kälteren Luftschichten zu Wasser, fallen nieder und bedingen ein Steigen des Stromes in seinem ganzen Laufe bis zum Meere, welches in Aegypten mit dem Anfang des Juli beginnt, Mitte August so zugenommen hat, daß der Fluß seine Ufer überschreitet und bis Ende September im Zunehmen begriffen auf 18, selbst 22 Fuß Höhe anschwellend, nach und nach das ganze Thal bis zum Fuße der Bergketten hin überfluthet, dann aber gegen Ende Oktobers in sein altes Bett zurückkehrt, und von dieser Zeit an langsam mehr und mehr fallend gegen Anfang Juni seinen tiefsten Wasserstand wieder erreicht. Während dieser Zeit ziemlich klar und rein färbt sich der Strom zur Zeit des Schwellens röthlich, vermöge des fein zertheilten Erdreiches, welches er aus seinen oberen Theilen mit herabführt und überall da absetzt, wo er sich, langsamer

fließend, über eine weite Ebene ausdehnen kann, oder wo künstliche Deiche seinen Lauf über die Ebene hemmen. Tritt er später zurück in sein Bett, so hinterläßt er die während des Ueberfluthens abgesetzte, aus Sand, auf dem ein röthlicher Schlamm liegt, gebildete Schicht und erhöht den Boden mit jedem Jahr, weshalb das Land immer mächtiger, das Thal stets flacher werden, das Verhältniß des Flusses zu seinen Ufern aber dennoch dasselbe bleiben muß, weil auch der Boden des Flußbettes mit erhöhet wird. In solcher Art nähert sich der Strom, noch reichlich mit Schlamm und Sand gemischt, dem Meere, verliert aber, bald nachdem er in dasselbe eingetreten ist, die eigne Bewegung, sein Inhalt fällt, und der Meeresboden hebt sich in derselben Weise, wie der Thalboden, über den sich der Fluß ausgebreitet hat. Alle diese Thatsachen waren im Alterthum bekannt; Herodot berichtet, daß man eine Tagereise von der Küste den Schlamm aus der Tiefe hervorziehe, welchen der Nil dem Meere mitgetheilt habe, er nennt ganz Unter-Aegypten bis zum Meere ein „Geschenk des Nils“ und bespricht in dieser Beziehung den Bau des Deltas, als den eines Sumpflandes, dessen Boden man erst durch Eindeichung benutzbar machte. Damals, erzählt er (L. 2. c. 13.), brauchte der Nil nur 8 Fuß zu steigen, um den Landstrich unterhalb Memphis zu überfluthen; zu seiner Zeit seien 15 oder 16 Fuß dazu erforderlich gewesen. Dieselbe Ansicht herrschte durch das ganze Alterthum; Aristoteles gedenkt ihrer ausführlich, und Plutarch beweist aus der Art und Weise, wie Homer von der Insel Pharus spricht, daß dieselbe früher viel weiter von der Küste entfernt lag. Auch hat das heutige Delta eine ganz andere Beschaffenheit als zur Zeit der Römer, aus welcher Zeit uns Strabo eine Schilderung desselben hinterlassen hat; jetzt liegt die Gabelungsstelle über zwei Stunden tiefer als damals, und während früher die westliche Hauptmündung bei Canopus ins Meer fiel, mündet sie heut zu Tage bei Rosette. Aehnlich hat sich die östliche verändert. Von ihren beiden Armen, in welche sie sich theilt, war früher der östlichste, nach Pelusium gewendete, der größere, und der innere, welcher jetzt die stärkere Wassermasse nach Damiette hin abführt, war anfangs ein bloßer Graben. Im Ganzen hat also die Breite des Deltas abgenommen, dafür ist aber seine Basis weiter ins Meer hinausgeschoben worden. Diese Thatsache erklärt sich leicht aus den Wechselwirkungen des Stromes und des Meeres, die beide an der Mündung sich begegnen und gegenseitig ihre Bewegungen lähmen. Die Gewalt des Flusses wird dadurch geschwächt, und seine Treibkraft läßt nach, die erdigen Theile fallen nieder, werden aber von den nachfolgenden Wassermassen aus der Mitte des Bettes auf die Seite geschoben, wo sie sich dammartig aufhäufen. Gegen diesen Damm spülen die Meereswellen, verwaschen ihn und führen seine Bestandtheile mehr seitwärts gegen das benachbarte Ufer, vor dem sich die erdigen Massen aufs neue setzen, Untiefen bildend, die der Küste parallel laufen und um so mehr von derselben sich entfernen, je weiter auch die Mündungsdämme ins Meer hinausrücken.

Erheben sich solche Untiefen bis zur Oberfläche des Wassers, so brechen sich an ihnen die Wogen, und erhöhen, indem sie aus der Tiefe neue Massen herbeispülen, endlich die Untiefe bis über den gewöhnlichen Wasserspiegel; wobei die landwärts strömenden Seewinde ihnen dadurch behülflich werden, daß sie den von der Luft ausgetrockneten obersten Sand zusammenwehen und gleich einem Walle aufhäufen. Seine Entstehung ist der Beginn einer neuen Epoche für die Untiefe, der Anfang ihres übermeerischen Daseins; denn bald findet sich das schnell wuchernde Dünengras (Elymus arenarius) hier ein, bekleidet die Abhänge der Sandhügel zunächst auf der Landseite, und macht, indem es sich später überall hin ausbreitet, durch seinen vermehrten Anwuchs sie fester, also zum Widerstande fähiger. Dann heißen diese Sanddämme Dünen. In ähnlicher Art entstanden die drei großen, von schmalen Landzungen seewärts begrenzten Wasserbecken, welche wir zwischen wie neben den Nilmündungen antreffen, und die uns durch ihre völlige Uebereinstimmung an die Haffe vor allen größeren Strommündungen des Ostseebeckens erinnern. Wie diese seewärts von schmalen Landzungen, Nehrungen genannt, begrenzt werden, so auch die Nilmündungen, und wie hier die Ausflüsse sich im Laufe der Zeiten mannigfach änderten, so auch jene des Nils. Diese Aehnlichkeiten beider Verhältnisse weisen auf ähnliche Ursachen hin, und da die Oder, die Weichsel und der Niemen gleich dem Nil nordwärts abfließen, da alle vier in Meere münden, welche keine Ebbe und Fluth besitzen, wenigstens nicht an den Stellen, wo die Mündungen der genannten Flüsse sich befinden; da ferner jene drei norddeutschen Flüsse große Sand- und Lehmmassen mit sich fortführen, so dürfen wir wohl in Berücksichtigung dessen, daß die Elbe und Weser zwar dieselbe Richtung und Beschaffenheit haben, aber in ein Meer mit Ebbe und Fluth münden, den Mangel der letzteren als die Hauptursache ansehen, warum sich gerade vor jenen drei Flüssen und dem Nil Delta- und Haffbildungen zeigen. Die Aehnlichkeit der Weichsel, als des größten der drei norddeutschen Ströme, mit dem Nil ist wahrhaft überraschend; auch sie bildet zwischen der Nogat und der eigentlichen Weichsel ein langes Delta, dessen linker Schenkel sich wieder gabelt. Vor beiden Hauptmündungen findet sich ein großes Haff, von welchen das östliche, mehr ausgebildete mit dem Haff des Pregel zusammenfließt, das westliche oder Putziger Haff weit nordwärts vorgeschoben ist, und von der schmalen Nehrung, welche an ihrer Spitze das Dorf Hela trägt, umgeben wird. Minder deutlich, doch ebenfalls kenntlich genug, ist die Aehnlichkeit der Oder mit dem Nil, weil hier die Nehrungen ausgedehnte Inseln wurden und das große Delta zwischen den beiden seitlichen Odermündungen, der Peene und Diwenow, zu umfangreich ist für die Erdmassen des Flusses, um von ihnen erfüllt werden zu können.

Indeß scheinen die Haffe und Nehrungen der angeführten norddeutschen Flüsse sich nicht mehr in ihrer ältesten ursprünglichen Form zu befin-

den, sondern in einer späteren Umbildung. Ihr Abstand von der heutigen Flußmündung ist zu groß, als daß man den Absätzen des Stromes ihre Entstehung in dieser Ferne beimessen dürfte; man sieht sie vielmehr als die Dünen der früheren, weiter vortretenden Küste neben einer älteren Flußmündung an. In dieselbe, so meint man, drang bei heftigen Stürmen das bewegte Meer und bildete hinter der Düne durch Aufstauung einen See, welcher beim Rücktritt ins Meer die obersten Schichten des Erdbodens mit sich fortführte und das Haff aushöhlte. Wahrscheinlich haben sich derartige Eingriffe des Meeres öfters an derselben Stelle wiederholt und nach und nach die großen Haffe gebildet. Wir werden später Veranlassung finden, ähnliche Eingriffe der Nordsee in ihre Küste als historische Ereignisse zu besprechen, und dürfen aus ihnen auf die vorhistorischen der Ostsee mit um so größerem Rechte zurückschließen. Zur Entstehung der Nehrung bot jedoch der Fluß auch bei dieser Ansicht die Hand, indem er dem Meere einen Theil der Sandmassen zuführte, welche letzteres neben seiner alten Mündung zur Düne verwendete; wobei ihm die Seewinde schon damals, wie noch jetzt, behülflich waren. —

Wenn uns diese Betrachtung und namentlich ein Vergleich der Weichsel mit der ihr an Beschaffenheit so ähnlichen Elbe darthun kann, daß die Delta- und Haffbildung der Flüsse durch ein ruhiges, von keiner regelmäßigen Bewegung erschüttertes Meer begünstigt wird; so überzeugt uns eben die fernere Beobachtung der Elbe, daß ein durch Ebbe und Fluth regelmäßig bewegtes Meer zu Untiefen und fliegenden Bänken Veranlassung giebt, wenn die Mündung im Winkel eines Meereinschnittes, und nicht in der Mitte eines geraden Uferrandes sich befindet. Denn im letzten Falle entstehen alsbald regelmäßiger geformte Inseln, wie vor und zwischen den Rheinmündungen. Es ist kaum nöthig diese Behauptungen näher zu besprechen, sie leuchten als richtig von selbst ein. Wie sehr sich die Untiefen an der Mündung der Elbe ändern, und dadurch der Schifffahrt gefährlich werden, ist leider nur zu bekannt; wie wenig im Ganzen die Rheininseln zwischen der Waal, dem Leck und der Maas, welche mit denen der Schelde zusammenfließen, sich in historischer Zeit geändert haben, dürfte nicht minder wahr sein. Zwar wissen wir, daß die Yssel erst spät aus einem von Drusus angelegten Kanale sich bildete, und dadurch der Rhein einen Theil seines Wassers in anderer Richtung abgab, als in welcher es ursprünglich abfloß; allein dies hat auf die Form seiner Hauptmündungen keinen großen Einfluß ausgeübt, wozu indeß auch der Umstand viel beiträgt, daß der Rhein im Ganzen eine zu kurze Strecke durch ein leicht bewegliches, locker gefügtes Land fließt, einen großen Theil seiner Gerölle im Bodensee läßt, und erst unterhalb Bonn in die Ebene tritt. Daher mag es kommen, daß die kleinen Ströme Maas und Schelde mehr Massen abgesetzt und größere Inseln vor ihren Mündungen zusammengespült haben, als der Rhein. —

Bei den Flüssen Frankreichs und den Hauptströmen der pyrenäischen Halbinsel hindern der stärker bewegte Atlantische Ocean und die geringen Größen der Stromgebiete alle Delta- und Haffbildungen [2]); dagegen treffen wir am Po und an der Donau auf ähnliche Erscheinungen. Beide haben indeß keine Haffe und Nehrungen, weil der Strom des Wassers sowohl im Schwarzen, als auch im Adriatischen Meere von der Küste ab gegen das Mittelmeer gerichtet ist, mithin der ausmündende Fluß auf gar keinen Widerstand trifft. Dies ist weder beim Nil, noch bei den drei norddeutschen Flüssen der Fall; vielmehr geht bei ihnen der Meeresstrom gerade gegen die Mündung, und begünstigt eben dadurch sehr das Entstehen der Nehrung.

Aehnliche in allen Meeren vorhandene Strömungen tragen viel zur jedesmaligen Form der Flußmündungen bei, und dürfen nie bei Abwägung der bedingenden Ursachen übersehen werden. Von der Ostsee ist es ausgemacht, daß ihr Hauptstrom gegen die dänischen Inseln zum Sunde sich wendet, und daß dieser Strom, ehe er die westliche Richtung einschlagen kann, erst eine südliche nehmen muß, leuchtet aus der Form der Ostsee von selbst ein. Im Mittelmeere findet sich an der afrikanischen Küste eine östliche Strömung, welche bis an die syrischen Küsten reicht, und hinter Cypern an den Südküsten Klein-Asiens nach Westen fortläuft. Die Richtung dieses Stromes ist also wesentlich den Nilmündungen entgegengesetzt. Durch die abfließenden Wasser des Schwarzen Meeres erhält der Strom im Aegäischen Meere eine südliche Richtung; er geht neben Candia vorbei und trifft dort mit dem nach Süden abfließenden Strome des Adriatischen Meeres zusammen. Im Atlantischen Ocean läuft der Aequatorialstrom nach Westen; unterhalb der Linie breitet er sich nach Süden, oberhalb derselben nach Norden hin aus; an den Küsten Nordamerikas wird er nordöstlich und bewirkt hier die unter dem Namen des Golfstromes sehr bekannte und gefürchtete Strömung, welche quer durch den Atlantischen Ocean ostwärts sich fortsetzt und ihre Wirkungen bis an die gegenüberliegenden Küsten von Europa und Afrika äußert. In der Nordsee kommt der Strom, wahrscheinlich durch die Einwirkung des Golfstromes bestimmt, aus Süden, indem er durch den Kanal vom Ocean hereinfließt. Auf der Südseite der Erdkugel, wo die Wassermasse so sehr überwiegt, sind Strömungen nur in der Nähe der Küsten bemerklich. An der Ostküste Afrikas ist die Richtung des Stromes südwestlich; er geht durch den Kanal von Mozambique und bewirkt dadurch vielleicht eine nördliche Richtung an der Ostseite von Madagaskar. Um das Vorgebirge der guten Hoffnung herumsetzend wird der Strom an der andern Seite nordwestlich und in der Nähe des

2) Der einzige Fluß Spaniens mit einem schönen Delta ist der Ebro, welcher sich aber auch in das minder bewegte Mittelmeer ergießt, und durch eine weite Ebene seinen Lauf nimmt.

Aequators ganz westlich. Die Strömungen im Stillen Ocean sind noch nicht genau bekannt, doch hat man bereits einen kalten Strom wahrgenommen, welcher aus dem südlichen Eismeere kommend längs der Küste Chilis bis nach Peru hinaufsteigt und von da westwärts in den Großen Ocean sich ausbreitet, wie er südwärts um das Cap Horn herumgeht. An den gegenüberstehenden Küsten Asiens hat die Strömung hauptsächlich eine südliche Richtung; sie geht an den Ufern Chinas, Malaccas, der Küste Malabar fort, und vereinigt sich mit dem südlichen Strome am Ostrande Afrikas, dem auch die Meerbusen neben Arabien Folge leisten. Aber so gleichförmig, wie im Großen Ocean, ist die Strömung hier nicht; ihr Charakter ändert sich mit den Monsunen, welche halbjährig in entgegengesetzter Richtung die Fläche des Indischen Meeres aufregen. — Im Ganzen finden wir also die Strömungen des Weltmeers zwischen den Tropen der Umdrehungsrichtung der Erde entgegeneilen, während wir sie in den Polarmeeren vom Pol gegen den Aequator hin sich wenden sehen; eine Erscheinung, die sowohl aus der geringeren Verdunstung des kälteren Wassers, als auch aus seiner periodischen Vermehrung in Folge des Abschmelzens der abgelösten Eismassen sich erklären läßt. Die herrschende westliche Strömung im Aequatorialmeere scheint aber mit den ebenso konstanten tropischen Ostwinden aus gleicher Quelle, nämlich aus dem Ausgleichungsbestreben verschieden erwärmter beweglicher Materien, zu stammen. Endlich mag auch die Umdrehung der Erde um ihre Achse in dem leichter beweglichen Elemente des Wassers Strömungen veranlassen oder wenigstens unterstützen. —

Die Strömungen üben, wie wir bereits gesehen haben, auf die Form der Flußmündungen einen gewaltigen Einfluß aus, und bedingen in Verbindung mit der Masse des Erdreiches, welche der Strom führt, die Gestalt seiner Mündung. Wir wollen in dieser Beziehung noch einige Hauptströme betrachten, und beginnen mit Nordamerika, wo zwei große Flußgebiete uns begegnen, das des Lorenzostromes und des Mississippi. Ersteres besteht fast nur aus großen Seen, in denen alle Gerölle und Erdmassen sich absetzen, daher der untere Lauf des Flusses arm an Geschieben ist und aus demselben Grunde kein Delta binden kann. Gerade umgekehrt verhält sich der Mississippi. Er fließt durchgehends in Ebenen, führt große Erdmassen mit sich, und häuft vor seiner Mündung eine weit in den Meerbusen von Mexiko vordringende Landspitze auf, an deren Ende er sich öffnet. In demselben Meerbusen wird die große Atlantische Strömung zwar etwas durch die vor ihm liegende Inselreihe gebrochen, allein nicht ganz zurückgehalten; sie dringt vielmehr zwischen den südlichen kleineren Antillen um so stärker hinein, und bewirkt eine Art Aufstauung der Wasser im Golf von Mexiko, welche ostwärts unter der Spitze von Florida ihren Ausweg in den Ocean findet. Die dadurch bedingte Strömung im Mexikanischen Binnenmeere giebt der vom Mississippi geschaffenen und durchbohrten Landzunge

ihre südöstliche Richtung, und veranlaßt die zahlreichen Haffe, welche sich an der Küste von Texas vor allen Flüssen gebildet haben.

Eigenthümlicher verhalten sich die Flußmündungen Südamerikas, insofern sie größtentheils durch Ebenen fließend doch keine Deltas bilden, obwohl die Richtung der Strömung ihren Mündungen entgegensteht. Hier scheint indeß die enorme Wassermasse, welche der Amazonenstrom und Tocantins auf der einen, der Paraguay und Parana auf der anderen Seite Brasiliens ins Meer führen, die Ursache zu sein, daß es zu keiner Deltabildung kommt, da die Wassermassen des Flusses den Meeresstrom durchbrechen und erst in zu großer Entfernung vom Ufer ihre treibende Kraft verlieren. Auch sind die waldigen baumreichen Gegenden, durch welche diese Ströme fließen, wohl weniger geeignet, sich abspülen zu lassen, als das nackte Erdreich; daher die Sandmassen beider Flußgebiete relativ unbedeutender sein mögen. Endlich scheint auch der Umstand, daß beide Ströme frei an offenen Küsten des Weltmeeres münden und nicht in Meerbusen oder Binnenmeere sich ergießen, insofern einen Einfluß auf die Form ihrer Mündungen auszuüben, als den Schlammmassen, welche sie tragen, an dem ausgedehnten östlichen Uferrande Süd-Amerikas ein breiter Boden zum Absatz dargeboten wird, in Folge dessen zwar eine flache weit ins Meer sich erstreckende Küste, aber kein Delta entstehen konnte. Wirklich bieten flache Ufer mit Untiefen den Seefahrern große Schwierigkeiten dar beim Einlaufen in die Mündungen des Maranon und Rio de la Plata.

Vergleichen wir mit diesen Hauptströmen der Erde die großen Flußgebiete Asiens, so zeigen uns die ostwärts abfließenden Ströme Chinas aus denselben Gründen offene weite Mündungen, während die südwärts strömenden, welche zugleich in Meerbusen sich ergießen, reichlich mit Deltagebilden begabt sind. Ich erwähne als Hauptbeweise nur den Ganges, dessen Deltaland das größte und umfangreichste ist, welches man kennt; den Indus, durch ein genaues Delta fast ebenso bekannt, wie der Nil; und den Euphrat und Tigris, beide, wie die Donau, von zahlreichen Mündungsinseln umgeben. Alle genannten stimmen zugleich darin überein, daß Haffe und Nehrungen ihnen ganz fehlen, weil sie, gleich dem Po, in Meerbusen sich ergießen, deren Strömung von der Flußmündung abwärts geht.

Nach diesen Thatsachen ist der Einfluß der Flüsse auf die Gestaltung der Meeresküsten als hinlänglich bewiesen zu betrachten, und daher nur noch der Einfluß zu untersuchen, den sie im oberen Theile ihres Laufes ausüben. In dieser Beziehung muß eine Darstellung der Verhältnisse des Nils genügen, da kein anderer Strom so regelmäßige Wirkungen zeigt, und keiner so lange, wie er, von Beobachtungen verfolgt worden ist.

Bald nachdem der Nil die zweite Stromenge bei Gebeleyn verlassen hat, bildet das Thal eine kesselförmige Erweiterung, über deren Mitte die herrlichen Trümmer sich verbreiten, welche einst die Prachtbaue der

alten Staatsschlösser Thebens ausmachten. Damals an den Ufern des Stromes auf größtentheils künstlichen, dem schwellenden Wasser unzugänglichen Hügeln gelegen, überragten ihre Sockel den Boden, der sie trägt, in kunstgerechter Weise; jetzt sind alle Grundmauern längst bis über die unteren Gesimse hinaus in ihn eingesunken und die umgestürzten Statuen bis zu beträchtlicher Höhe von Erdreich bedeckt. Aber nicht Schuttmassen, aus den zerfallenen Trümmern der Bauwerke entstanden, bilden diesen Aufwurf; das harte allermeist granitische Gestein, fast ohne Mörtel aneinander gefügt, zerfällt nicht in Staub, wenn es zertrümmert, seine zusammengestürzten Massen gleichen mehr durcheinandergeworfenen Felsblöcken, deren Lücken zwar der Küstensand überkleidet und ausgefüllt haben mag, die aber niemals gleichmäßig ebene Flächen veranlassen werden. Es mußte also ein anderer Grund für die Erhebung des Bodens zumal an solchen Orten sich finden, wo das frei stehende Gebäude nur an den Bekrönungen beschädigt, in seiner Hauptmasse erhalten war, oder wo Alleen von Sphinxkolossen nur noch mit ihren Köpfen aus dem Boden hervorragten; ihre Verschüttung mußte einer gleichmäßig wirkenden, fortdauernden Ursache und offenbar dem schwellenden Nilstrome zugeschrieben werden, wenn man sah, wie er die Denkmäler unmittelbar umfluthete und seinen weichen fruchtbaren Schlamm daneben absetzte. Als die französischen Gelehrten [3]) während der Expedition nach Aegypten zu Anfange unseres Jahrhunderts diese Beobachtung gemacht hatten, untersuchten sie einzelne hervorragende Punkte der Trümmer genauer, und fanden, daß diejenigen, welche am meisten verschüttet waren, bis zu einer Tiefe von 6 Metern [4]) im Boden steckten, und daß unterhalb dieser Tiefe, wo gepflasterter Boden die ursprüngliche Höhe der Umgebungen des Denkmals bezeichnete, stets künstlich aus Bauschutt, Geröllen und aufgefahrnem Erdreiche gebildete Unterlagen sich nachweisen ließen. An der kolossalen Memnonsstatue, dem 60 Fuß hohen sitzenden Abbilde des ägyptischen Königs Amenophis III. (um 1480 vor Christus) [5]), bemerkten die Franzosen einen späteren Aufwurf von fast 2 Meter Dicke, und schlossen aus einer am Fuße des Kolosses befindlichen Inschrift, welche auf das zehnte Regierungsjahr Antonin's hinweist (148 nach Christus), daß der Absatz während eines Jahrhunderts etwa den zehnten Theil eines Meters (nicht ganz 4 Zoll preuß.) betrage. Inzwi-

---

3) Déscript. de l'Egypte. 2. ed. Vol. XX.

4) Ein französischer Meter enthält $3^1/_{10}$ preuß. Fuß.

5) Es ist dieselbe Statue, deren eigenthümlicher Ton die Touristen des Alterthums herbeilockte. Bald nach Sonnenaufgang vernahm man den Laut, welchen die reiche Phantasie der Griechen als einen der Mutter Eos von ihrem vor Troja gefallenen Sohne Memnon dargebrachten Gegengruß deutete, nachdem sie ihn mit den Strahlen der Morgenröthe erquickt hatte. Die neueren Beobachter haben darin ein physikalisches Phänomen erkannt, bedingt durch Luftströmungen, welche aus den Fugen des von der Sonne erwärmten Gesteins entweichen.

schen ergab die Untersuchung des von Girard an der Insel Elephantine wieder aufgefundenen alten Nilmessers ziemlich dasselbe Resultat ($4^1/_2$ Zoll im Jahrhundert) und wies zugleich nach, daß sich mit der Erhöhung der Ebene, über welche der Fluß sich ausbreitet, das Bett des Stromes gleichmäßig erhoben habe, mithin aus der Höhe der aufgehäuften Erde das Alter wenigstens solcher Gebäude, die dem Flußufer nahe stehen, mit einiger Sicherheit erschlossen werden könne. Der Palast bei Luxor, an dessen südlicher Ecke die Aufhäufung 6 Meter ($18^3/_5$ Fuß) betrug, hätte hiernach ein Alter von beinahe 5000 Jahren. Gegen dies überraschende und mit den neuesten Forschungen[6]) über die Blüthezeit des ägyptischen Reiches, der diese Denkmäler angehören, im Widerspruch stehende Resultat, läßt sich jedoch einwenden, daß die Erhebung des Bodens gerade bei Theben ansehnlicher sein konnte, als auf den höher gelegenen Ufern; weil sich das Nilthal hier bedeutend erweitert, die Schnelligkeit des Flußlaufes also abnimmt und deshalb eine dickere Schicht Schlamm sich absetzt. Man glaubt vielmehr [7]) die Productivität des Stromes in jener Gegend auf 6 Zoll im Jahrhundert anschlagen zu müssen, und berechnet darnach das Alter der thebaischen Monumente im größeren Einklange mit den historischen Angaben zu 3700 Jahren. Ueberhaupt mag die Thätigkeit des Nils in ihren verschiedenen Zeiträumen sich mächtig geändert und der Fluß in frühester Zeit, wo das Thal noch tiefer, also auch enger war, seinen Schlamm weniger im Thale selbst, als an dessen Mündung abgelagert haben. Die ältesten ägyptischen Erinnerungen scheinen bis dahin zurückzugehen, wenn sie uns, nach Herodot's Aussage (L. 2. c. 4.), das Deltaland als einen Sumpf schildern; sie scheinen durch die uralte Tradition einer noch offenen Strommündung zur Zeit des Königs Menes zu beweisen, daß die ägyptische Bevölkerung schon bis an's Mittelmeer reichte, als ihre Kultur noch in den Anfängen sich bewegte, die Aegyptier also nicht, ein gebildetes Volk, den Strom von Nubien herabkamen, sondern vielmehr umgekehrt, die an seiner Mündung gewonnene älteste Kultur rückwärts den Nil hinauf verbreiteten.

So entschieden, wie in Aegypten, zeugen übrigens für die Aufhäufung des Bodens nur wenige andere Flüsse, indeß ist auch kein anderer Strom so regelmäßig thätig wie der Nil. Zwar schwellen auch unsere Flüsse alljährlich im Frühjahr und überfluthen die Ebenen an ihren Ufern, aber die Höhe dieser Fluth ist nach den Jahren sehr verschieden, ja fehlt in manchen Jahren, zumal nach gelinden Wintern, gänzlich. Aehnlich verhalten sich die meisten, wenigstens die größeren Ströme der Erde, wenn

6) Nach Bunsen (Aegyptens Stellung in der Weltgesch. III. Bd. S. 122 ff.) fallen die Regenten der **18.** und **19.** Dynastie, denen man die großen Bauwerke Thebens zuschreibt, **1638** und **1298** vor Christi Geburt. Lepsius setzt sie um **700—800** Jahre weiter hinaus.

7) Parthey, Wanderungen durch das Nilthal. II. **413.**

auch ihre Ueberfluthungen zu ganz anderen Zeiten eintreten. Von den beiden Hauptstromgebieten Südamerikas ist es bekannt, daß sie während der Regenzeit aus ihren Ufern treten und die Ebenen überschwemmen. Dasselbe wissen wir von den großen Strömen Chinas, vom Ganges[8]), Indus, und besonders vom Euphrat und Tigris, deren Ueberschwemmungen einen gleichen Werth für Mesopotamien haben, wie das Steigen des Nils für Aegypten. Auch die Ströme der West- und Südseite Afrikas bieten ähnliche Erscheinungen dar[9]).

Wie durch diese Thatsachen der Absatz neuer Erdschichten über alten und besonders ein großer Einfluß aller Strommündungen auf die Form der Küsten bewiesen wird, so lassen sich auch gleichartige Wirkungen verwandter Einflüsse auf höher gelegene Theile der Erdoberfläche tief im Innern des Festlandes mit nicht geringer Sicherheit darthun. Eine kurze Betrachtung der Binnenseen wird uns davon überzeugen und eine Einsicht gewähren in die Veränderungen, welche von ihren Gewässern in näherer oder fernerer Umgebung hervorgebracht werden. Noch jetzt finden wir zwischen den Bergketten der Hochgebirge große mit Wasser angefüllte Vertiefungen, ja selbst in weiten Ebenen sehen wir Seen sich bilden, indem die fließenden Gewässer zu einem Punkte sich begeben, welcher als der tiefste in der Ebene, eben wegen seiner Lage keinen Abfluß des Wassers in das benachbarte Meer verstattet. Aehnliche Verhältnisse scheinen in früheren Perioden öfter eingetreten und manche Thäler, die jetzt ein Fluß durchströmt, ursprünglich Seen gewesen zu sein. Angehäufte Wassermassen üben aber einen Druck auf die sie einschließenden festen Theile aus, einen Druck, der in dem Maaße zunimmt, wie die Wassermasse, die ihn hervorbringt. Je nach der Verschiedenheit aller dabei zu berücksichtigenden Verhältnisse wird sich hier ein verschiedenes Resultat ergeben. Gesetzt zunächst, es sei die Verdunstung des Wassers an der Oberfläche geringer als die Quantität des fortwährend zuströmenden, so muß der See steigen, bis er irgendwo an seinem Rande eine Stelle findet, die niedrig genug ist, um ihm einen Abfluß zu verstatten; durch diese Lücke des Randes wird dann fortwährend gerade so viel Wasser abfließen, als wie viel größer der Unterschied zwischen der einströmenden und verdunstenden Flüssigkeit ist. Hält sich dagegen Verdunstung und Zufluß die Wage, so wird der See mit unveränderter Wasserhöhe stehen bleiben, und ist jenes Verhältniß einem periodischen Wechsel unterworfen, so wird

8) Ein englischer Beobachter, Hr. Everest, hat die Masse von Schlamm, welche der Ganges jährlich zum Meere führt, auf nahe an 6400 Millionen Kubikfuß berechnet, was eine Erdschicht von 16 Quadratmeilen Ausdehnung bei 1 Fuß Dicke ergeben würde; eine allerdings ungeheure Productivität, welche die Thätigkeit des Nils noch bei weitem zu überbieten scheint (Lyell, Grunds. der Geol. II. 150).

9) Im Alterthume waren der Mäander und Achelous als schnell producirende Flüsse bekannt; Herodot vergleicht (L. 2. c. 10) ihre Thätigkeit mit der des Nils.

sein Spiegel zwar steigen und fallen, aber nur innerhalb gewisser Grenzen, und zum Abfluß kommt es nie. Letztgenannter Fall findet sich am Kaspischen Meere und am Aralsee, in welche so große Flüsse sich ergießen, und die doch nur periodisch wachsen und fallen, aber nie beträchtlich aus ihren Ufern treten; das erste Verhältniß zeigen uns der Bodensee, Genfersee, Ladogasee, Wenernsee und die großen Seen Nord-Amerikas, aus denen der Lorenzo seinen Ursprung nimmt; alle diese Seen sind eigentlich nur stellenweis erweiterte Flußbetten, welche, nachdem der Fluß sie mit seinen Wassern bis zu einer gewissen Höhe angefüllt hat, einen Ausweg erhielten, durch den der Fluß gegenwärtig seinen Lauf weiter fortsetzt. —

Es giebt aber außer diesen Fällen, die alle auf dem Gesetz der Gleichheit zwischen Wirkung und Gegenwirkung beruhen, noch einen zweiten Hauptfall, nämlich den, daß die Gegenwirkung von der Wirkung überwunden wird; ein in engen Felsenthälern häufiger, als in Ebenen, eingetretenes Verhältniß, dessen als eines die Form der Thäler und selbst der Ebenen bedingenden hier ausführlicher gedacht werden muß. Ist die Umgebung irgend einer aufgestauten Wassermasse an einzelnen Stellen nur schwach, so wird sie um so weniger dem Gewichte des Wassers Widerstand leisten können, je mehr dieses zunimmt; sie wird endlich nachgeben und dem Wasser einen Abfluß verstatten. Mag auch diese Nachgiebigkeit anfangs nur geringe gewesen sein, etwa von einer engen Spalte im festen Gestein der Wandungen herrühren; das andrängende Wasser würde sich bald weiter Bahn brechen und je nach Befinden seiner Kräfte und des Widerstandes sich einen Durchweg bilden, der bis auf den Grund des Sees reichen und allem aufgestauten Wasser einen Abzug gewähren könnte. Mit einem solchen Durchbruche sind natürlich Veränderungen des ganzen unter dem See gelegenen Landstriches, auf den das abfließende Wasser trifft, zunächst verbunden, und daraus folgt wieder eine Umgestaltung aller der Ablagerungen, welche vor dem Durchbruche auf der Oberfläche schon vorhanden waren. Hierbei wird viel auf die Quantität des sich ergießenden Wassers ankommen; auf die Schnelligkeit, womit der Durchbruch erfolgt; auf die Massen, welche der Strom mit sich fortreißt; und auf die Höhe, von welcher er herabstürzt. Die Gewalt eines solchen Phänomens wird Jeder sich selbst am besten deutlich machen, der Gelegenheit gehabt hat, ähnliche Erscheinungen, wie sie beim Aufstauen der Eismassen unserer Flüsse bisweilen vorkommen, zu beobachten; ja und wer sie nicht ansehen konnte, den überzeugen wohl eben so sehr von den ungeheuren Wirkungen die Berichte der Zeitungen, wenn sie von Unglücksfällen, wie sie noch jüngst die Stadt Pesth betrafen, Nachricht geben. Wem sind nicht die fast jährlichen Verwüstungen bekannt, welche die Weichsel anzurichten pflegt; wer hat nicht im frischen Gedächtniß das furchtbare Schicksal, welches die schwellende Rhone vor einigen Jahren der volkreichen Stadt Lyon und allen anwohnenden Landleuten

bereitete. Und doch waren diese Flüsse keineswegs abgedämmt; ihnen war ihr regelmäßiger Abfluß wenigstens theilweise geblieben, und bloß der Zufluß war vermehrt worden. Wie aber, wenn der Bodensee, dessen Tiefe bis auf 1800 Fuß angegeben wird, einen Ausweg bis zum Spiegel des Rheins unterhalb Schaffhausen fände, und nun mit seinem Wasser in das Rheinthal sich ergösse; wie würden Basel und alle anliegenden Ortschaften, noch mehr aber die Städte des Rheingaues verwüstet werden, weil die Stromenge von Bingen bis Coblenz nur einen sehr allmäligen Abfluß der Wasser möglich machte.

Den Umfang solcher Verwüstungen einigermaßen zu ermessen und überhaupt die Möglichkeit von wirklichen Thaldurchbrüchen einzusehen, dazu eignen sich besonders mehrere Beispiele, die noch in den Bereich unserer Beobachtungen fallen und deshalb hier näher berücksichtigt werden mögen. Eins der neuesten ist das Ereigniß im Banienthale am 16. Juni 1818[10]). Dieses Thal erstreckt sich von der Rhone südwärts gegen die Alpenkette hin, aus welcher der große Bernhard als einer der höchsten Punkte zwischen dem Montblanc und Mont Rosa hervorragt, und wird von der Dranse durchströmt, die sich bei Martigny in die Rhone ergießt. In seinem oberen Theile zwischen dem Mont Pleureur und Mont Mauvoisin, die es, jener nach Norden, dieser nach Süden, begrenzen, ist es eng und empfängt seine Wasser von drei großen Gletschern, deren kleinster, der Getrozgletscher, dem untern Ende der Thalenge beim Mont Pleureur am nächsten liegt. Von ihm fallen die Gerölle oder Morainen, welche er führt, unmittelbar bis in die Dranse, und nicht selten lösen sich auch ganze Eisblöcke ab, unter denen jedoch die Wasser des Flusses immer noch einen Ausweg fanden, bis derselbe im April des genannten Jahres verstopft ward und hinter den aufgethürmten Eismassen sich ein See bildete, der gegen eine Viertelmeile lang war. Die Anwohner erkannten sehr bald die drohende Gefahr und versuchten, dem Wasser, dessen Menge sich schon auf 800 Millionen Kubikfuß belief, einen Ausweg zu bahnen, was aber nur zum Theil gelang. So nahete der Sommer immer mehr heran, die höhere Temperatur während desselben lockerte durch Erwärmung des Bodens die Fugen auf, welche am Grunde zwischen den Eismassen später verstopft worden waren, und öffnete den noch übrigen Theilen des Wassers einen Abfluß, der bald die entstandenen Lücken bis zu 90 Fuß Breite ausdehnte. Die Verwüstungen, welche dieser fallende Strom anrichtete, waren furchtbar: alle Häuser, Bäume, Blöcke, und was nur dem forteilenden Elemente einen Widerstand leistete, wurde fortgerissen, ein Theil der Stadt Martigny zerstört und selbst die Rhone noch zum Steigen gebracht. Die 11 Meilen lange Entfernung vom Eisdamme bis zum

10) Vergl. Gilbert's Annalen der Physik und Chemie. Bd. 60. S. 331, 355, und Bd. 62. S. 108.

Genfersee legte das Wasser in $5^1/_2$ Stunden zurück, hatte anfangs eine Geschwindigkeit von 33 Fuß in der Secunde, verlor dieselbe aber durch die fortdauernden Hindernisse und die geringere Neigung der Ebene aufgehalten bis auf 6 Fuß, mit welcher es im Genfersee anlangte.

Ein anderes in die historische Zeit fallendes Ereigniß ähnlicher Art, doch von ungleich geringerer Wirkung, ist der Durchschnitt, den der Simeto oder Gabello, Siciliens Hauptfluß am westlichen Fuße des Aetna, darbietet. Derselbe war in seinem Laufe von einem im Jahre 1603 quer durch sein Bett geflossenen und hier erkalteten Lavastrome gehemmt und dadurch ebenfalls aufgestaut worden, bis er am oberen Rande des Lavadammes einen Abfluß fand. Die einschneidende Gewalt des Wassers und des von ihm geführten Kieses hat jedoch diesen Abflußpunkt nach und nach so vertieft, daß er gegenwärtig schon den größeren Theil des ganzen Lavastromes wieder durchfurcht, und darin eine rinnenartige Schlucht geschaffen hat, deren rauhe Schönheiten von zwei terrassenartigen Abstufungen mit brausenden Wasserstürzen vermehrt werden. Lyell[11]), dem wir diese Beobachtungen verdanken, giebt die Tiefe des Einschnittes auf 40—50, und die Breite desselben von 50—100 Fuß wechselnd an; eine solche Lücke konnte also in etwas über 200 Jahren hervorgebracht werden, wobei indeß nicht zu übersehen ist, daß das am Damm terrassenartig herabstürzende Wasser diesen fortwährend eben so schwächte, wie der Ausfluß am oberen Einschnitt ihn erniedrigte, derselbe also von zwei Seiten her gleichzeitig zerstört wurde. Auch mochte die Klüftung der Lava das Fortreißen ganzer Blöcke möglich machen und verstatten.

Die letzterwähnte Thatsache ist übrigens insofern noch interessant, als sie zeigt, daß Seen selbst ohne große Verheerungen einen Ausweg finden können, mithin nicht alle Erscheinungen durchbrochener Thalwände, welche wir in den Hochgebirgen so oft antreffen, mit großartigen Umwälzungen verbunden waren. Ja viele Durchflüsse sind ohne Zweifel nicht von den Strömen geschaffen, die darin fluthen; ein großer Theil mag ursprünglich auf Spalten und Lücken beruhen, die der Fluß vorfand und höchstens nur erweiterte. So hat der Rhein seinen Weg zwischen dem Hundsrück und Taunus erst langsam sich bereitet, und desgleichen der Main den zwischen dem Odenwald und Spessart. Dasselbe ist von dem Durchbruch der Elbe durch das Erzgebirge zu behaupten; in allen drei Fällen scheint der Strom eine vorgefundene Lücke nur breiter gemacht und dem vormals seeartig hinter dem Durchbruche aufgestauten Wasser allmälig einen Abzug bereitet zu haben, der bis auf den heutigen Thalgrund einschnitt. Auch der Durchtritt der Weser durch die porta westphalica beruht wohl auf einer tiefen Spalte im Gestein, welche das durch sie abfließende Wasser langsam bis zu ihrer jetzigen Größe ausdehnte. Vor dieser Zeit waren

11) Principles of Geology, deutsche Bearb. von Hartmann. II. 31 ff.

die Niederungen des Elsasses und Badens, der Mainkreis, das Fürstenthum Lippe mit seinen Umgebungen und Böhmen aufgestaute Wasserbecken, deren Gehalt durch den Fortschritt des Flußeinschnittes stufenweis erniedrigt wurde, bis seine Tiefe allem Wasser einen Abzug verstattete. Bei weitem die meisten engen Flußthäler sind als solche Producte des Flusses zu betrachten; sie entstanden aus ursprünglich vorhandenen Vertiefungen, in denen das von allen Seiten herabfallende Wasser sich sammelte und je nach der Neigung des Bodens fortlief, bis es einen natürlichen Ausweg fand; denn nur wo ein solcher fehlte, brauchte es sich einen zu bahnen. Es liegt in der Natur der Sache, daß es schwieriger ist für eine fließende Wassermasse, eine entgegenstehende Felswand zu durchbrechen, als um dieselbe herum einen Ausweg zu suchen; und da nur selten Höhenzüge eine gleiche Erhebung an allen Stellen zeigen, so konnte in vielen Fällen schon eine geringe Ansammlung von Wasser hinreichen, den Strom bis zu einer niedrigen Stelle des Dammes zu erheben. Ueber diese weg führte er, nach Art des Simeto, die Lücke bald mehr aus und schnitt sich allmälig bis zu der gegenwärtigen Tiefe ein, ohne je Verwüstungen und Umwälzungen von irgend einer Bedeutung oder Ausdehnung über größere Flächen angerichtet zu haben. Durchbrüche in solcher Weise zeigen uns die meisten, wenn nicht alle Flüsse, deren Bett verschiedene Bodenerhebungen durchläuft.

Zur Veranschauung der eben erörterten Hergänge mag der beigegebene Holzschnitt dienen; er zeigt eine irländische Gegend mit dem kleinen Flüß-



chen **Burnthollet**, wie es aus einer engen Schlucht im Glimmerschiefer hervortritt, und den breiteren Kessel am Fuße des Abhanges ausfüllt, der seinen Lauf gehemmt hatte. Offenbar ist der Felseinschnitt in dieser Form sein Werk, eine Erweiterung ursprünglich vorhandener Klüfte, welche die nach links geneigten Lagen des unordentlich geschichteten Gesteines durchsetzten und gegenwärtig in mehreren Terrassen kanalförmig durchbrechen. Zugleich kann diese Ansicht das großartigste Beispiel einer ähnlichen Thätigkeit uns erläutern, wovon derselbe englische Geognost **Lyell**, auf dessen Schilderung wir die früheren Angaben vom Durchbruch des Simeto stützten, erst kürzlich eine genaue Darstellung geliefert hat[12]). Wir meinen die berühmten **Niagarafälle** zwischen dem **Erie**- und **Ontario**-See. Beide Seen gehören zum Flußgebiet des **Lorenzo**-Stromes, der Erie zum oberen, der Ontario zum unteren Theile seines Laufes; denn eine Kalksteinterrasse zieht sich im weiten Bogen um den Ontario herum und scheidet ihn von den um so viel höher gelegenen vier größeren Seen. Diese Terrasse ist die Ursache des Niagarafalles; über sie müssen die Wasser der oberen Seen in den unteren hinabstürzen. Gegenwärtig befindet sich der Wasserfall ziemlich genau in der Mitte zwischen beiden Seen; sein Abstand vom Erie beträgt $3^3/_4$, vom Ontario $3^1/_2$ Meilen; allein ursprünglich war er ohne Zweifel am Rande der Terrasse, $1^3/_4$ Meilen weiter unterwärts gegen den Ontario hin. Dafür spricht eines Theils der Umstand, daß die Strecke vom Wasserfall bis zum Rande der Terrasse eine enge 500—1000 Fuß breite Schlucht bildet, deren Wände fast senkrecht über den Fluß sich erheben; anderen Theils die noch fortwährende zurückschreitende Bewegung des Wasserfalles selbst. Diese Bewegung rührt vom Flusse und seiner einschneidenden Wirkung her. Das Wasser desselben stürzt sich, nachdem es eine 50 Fuß mächtige festere Kalkschicht als Stromschnelle von $^1/_4$ Meile durchbrochen hat, bei den Fällen[13]) senkrecht über eine andere ungefähr 90 Fuß dicke Kalkschicht herab, unter der weiche Schiefer von gleicher Mächtigkeit liegen, welche fortwährend von den fallenden Wassern und besonders von den in ihnen treibenden Baumstämmen zertrümmert werden. In Folge dieser Zerstörung verlieren die überlagernden Schichten ihre Stütze, und brechen von Zeit zu Zeit zusammen, wobei der Wasserfall um ebensoviel Raum weiter nach Süden fortschreitet. Bestimmt man aus den seit etwa 40 Jahren angestellten Beobachtungen den durchschnittlichen Fortschritt auf 1 Fuß im Jahre, so

---

12) Vergleiche dessen Reisen in Nord-Amerika; übers. von E. Th. **Wolff**. Halle, 1846. 8. S. 18 ff.

13) Es sind eigentlich zwei Wasserfälle, indem eine kleine Insel (Goat Island), welche auf dem Rande des Absturzes liegt, den ganzen Fall in zwei ungleiche Hälften theilt. Der größere (Horse-shoe Fall), an der englischen Seite, ist 1800 Fuß breit, die Insel beträgt über 1600 Fuß, der kleinere amerikanische Fall mißt 600 Fuß, die senkrechte Höhe des fallenden Wassers ist 160 Fuß.

brauchte der Fluß zur Aushöhlung der $1^3/_4$ Meilen langen Schlucht 35,000 Jahre, und wird noch andere 70,000 Jahre nöthig haben, um den Eriesee mit seinen Fällen zu erreichen. Daß er einst dahin kommen werde, läßt sich mit Grund behaupten.

Nicht minder bedeutend, wenngleich eben so örtlich, sind die Veränderungen, welche das Meer an den Küsten des Festlandes hervorbringt. Im Allgemeinen hat dasselbe ähnliche Einwirkungen wie fließendes Wasser, theils weil es, wie wir bereits gesehen haben, in der Nähe aller Küsten eine beständige Strömung besitzt, theils weil die regelmäßig wiederkehrende Ebbe und Fluth es mit Ausnahme einiger Binnenmeere, z. B. der Ostsee und des schwarzen Meeres, in Bewegung erhält; theils endlich weil es vom Winde getrieben und in vielfache, oft sehr bedeutende Aufregungen versetzt wird. Bei allen diesen Bewegungen treibt es gegen die Küsten und bewirkt daselbst ein mehr oder minder gewaltsames, unter dem Namen Brandung bekanntes Anprallen, dem auch die härtesten Gesteine nach und nach theilweise unterliegen. Sie ist die Ursache, warum man dem Meere, ganz wie den Flüssen, im Allgemeinen eine die Ufer zerstörende Einwirkung beilegen und ihm einen um so größeren Einfluß auf die Gestaltung derselben zuschreiben muß, je weicher das Erdreich ist, aus dem sie bestehen. — Wir sehen auf solche Weise das Meer nach und nach Landzungen in Inseln verwandeln, die letzteren verkleinern oder sie endlich ganz zerstören; ein Schicksal, welches nach den bisherigen Untersuchungen über ihre einstmalige Ausdehnung, z. B. der kleinen Insel Helgoland an der Mündung der Elbe bevorsteht, wenn es auch erst spät, nach Verlauf von Jahrtausenden, wirklich bei ihr eintreten mag. Bisweilen stürzt es sich unter heftigen Stürmen in kleine Buchten des Ufers und höhlt dieselben aus, daß sie zu Meerbusen sich gestalten. Wir haben in unsrem Vaterlande mehrere beglaubigte Beispiele der Art aus historischer Zeit; eins der jüngsten war die Bildung des Dollarts neben der Emsmündung, welcher vom Jahre 1277 bis zum Jahre 1539 nach und nach vom Meere ausgehöhlt wurde; früher (1218) entstand die ganz ähnlich gebildete, aber viel größere Jahde neben der Wesermündung, und um dieselbe Zeit (von 1219—1282) die Verbindung des vormals geschlossenen Zuidersees mit dem Meere. Noch kämpfen mit den Wogen die zahlreichen kleinen Düneninseln, welche sich an der Westküste Schleswigs von Jütland bis nach Holstein herabziehen; manche sind schon von ihnen zerstört worden, und alle gehen, gleich Helgoland, einem späteren Untergange entgegen. Auch die ähnlich gelegenen Küsteninseln Hollands und Ostfrieslands ändern ihren Umfang fast jährlich.

An den bezeichneten Stellen findet das Meer nur flache sandige Ufer, von denen es leicht Theile hinwegspült, selbst wenn ihre Ränder sich zu natürlichen Sanddämmen, welche die herrschenden Seewinde aufgeschüttet haben, sogenannten Dünen (vergl. S. 13), erheben. Diese Sanddünen

sind eine fast allgemeine Eigenheit aller nordwestwärts gewendeten Küsten Deutschlands, wie Hollands; sie setzen allerdings dem unmittelbaren Anprallen der Wogen einen gewissen Damm entgegen, sind indeß zu schwach, um allen Uebergriffen der See zu widerstehen. Sie werden vielmehr von den sturmbewegten Wellen theils durchbrochen und die hinter ihnen liegenden flachen Uferstrecken haffartig ausgehöhlt (S. 14), theils ganz abgespült, oder von den Seewinden weit ins Land hineingeweht, geben dadurch Veranlassung zu einer fortschreitenden Versandung des Bodens, und schaden auf solche Weise mehr, als sie etwa nützen durch das Brechen der Brandung. Dagegen scheinen höher aufsteigende Ufer, besonders wenn sie aus festen Gesteinen bestehen, weniger Nachgiebigkeit als diese flachen Küsten zu besitzen. Allerdings ist es dem Meere in der Regel nicht vergönnt, sie zu überfluthen oder Schichten von ihnen abzuspülen, aber es wirkt dennoch zerstörend auch an ihnen. Bestehen diese Küsten aus krystallinischen oder derben Gesteinen, so wird die Zerklüftung der Substanz Ursache von Zertrümmerungen, welche das Meer unterstützt, indem es die losgetrennten Stücke wegführt und neue Flächen der Verwitterung aussetzt. Indeß fallen die abgebrochenen Trümmer vor der steilen Wand nieder, mehren sich mit der Zeit und bilden eine Art Damm, der die Gewalt der Wogen bricht und das fernere Ablösen hindert. Dadurch sind harte Felswände gewöhnlich den fortdauernden Veränderungen des Meeres unter ihnen entrissen. Besteht aber das Ufer aus erdigen oder geschichteten Massen, so ist die Einwirkung des Meeres bald bedeutender. Bei den geschichteten kommt es sehr auf die Neigung der Schichtungsflächen gegen das Meer an, wenn man die Einwirkung des letzteren auf sie bestimmen will; — es zeigt sich bei näherer Untersuchung bald, daß Schichtungsebenen, welche mit ihrer Neigung sich ins Meer senken, viel eher vom Meere werden zerstört werden, als solche, die vom Meere abwärts in die Richtung des Landes einfallen. Leicht kann ja das Wasser in einer Schichtungsebene aufwärts vordringen, und wenn es zurückfließt, einen Theil der zerstörten Schichtenmasse mit sich fortnehmen, wodurch es die darüber befindlichen Schichten lösen und ihr Herabgleiten bedingen muß; im entgegengesetzten Falle ist ein Abgleiten der oberen Schichten unmöglich, vielmehr nur ein mechanisches Abspülen der freien Ränder denkbar.

Ein wohlbekanntes Beispiel der letzteren Art liefert Helgoland an seiner südwestlichen Küste, die uns der Holzschnitt zeigt; indem das hohe, steile, zackige Ufer aus landwärts einfallenden, rothen, feinsandigen Thonmergelschichten und zwischengelagerten, dünneren, sehr feinen weißen Sandsteinen besteht, deren abgerissene Köpfe dem Spiele der Wogen sich Preis geben [14]). Von ihnen mannigfach zertrümmert hält sich der Uferrand in

---

14) Man vergleiche die interessante Schilderung von O. Volger, über die geognost. Verhältn. von Helgoland, Lüneburg, Segeberg etc. Braunschw. 1846. 4. S. 19 ff.

größter Höhe gerade an der äußersten Kante, während die in das Meer vorspringenden Zacken gratartig erniedrigt und von den Seiten her durchbrochen werden, große Thore, gleich dem dargestellten Mörmers-Gat, bildend, vor und in denen die zahlreichen Trümmer umherliegen, woraus beim Durchbruche des Felsens die abgelösten Blöcke bestanden. — Noch leichter



als Helgolands Sandstein- und Mergelschichten geben erdige Ufer nach, namentlich die Kreideküsten, welche an den ostwärts gewendeten Seiten Englands, der dänischen Inseln und Rügens vorkommen. Hier spült das Meer einen Theil der Masse am Grunde fort, und alsbald fällt das senkrecht darüber stehende Erdreich, da es seine Stütze verloren hat, herunter; es wird nun weiter fortgeführt von den Wogen, der Grund des Ufers wieder entblößt, und der alte Hergang wiederholt sich aufs Neue. Indeß pflegen die erdigen Küsten der jüngsten tertiären Formationen zahlreiche Blöcke härterer Gesteine zu enthalten, welche besonders in den oberflächlichen Schutt- und Mergellagen sich befinden. Auch diese Blöcke fallen natürlich mit hinunter, sind aber zu groß, um vom Meere bewegt werden zu können, und zu fest, um sich zertrümmern zu lassen; sie bleiben liegen und bilden im Laufe der Zeiten einen Damm vor dem Ufer, der die dahinter gelegenen weicheren Massen vor dem Abspülen schützt, und höchstens nur dem Abwaschen fallenden Regens, oder dem Verwitterungsvermögen der Substanzen selbst ist es fortan noch verstattet, an diesen Küstenrändern zu nagen und sie zu verändern.

Wie hier durch die Steindämme der äußerste Rand der Küsten vor den abspülenden Wirkungen des Meeres sicher gestellt ist, so schützt ihn an anderen Stellen das Meer selbst durch aufgeführte Sand- und Geschiebebänke. Wir haben schon früher bei der Deltabildung ähnliche Erscheinungen, die durch das Begegnen der Fluß- und Meerbewegung hervorgebracht wurden, kennen gelernt und uns überzeugt, daß die Dünen aus einem solchen Entgegenstehen beider Bewegungen hervorgehen; hier treffen wir auf Gebilde derselben Art, die vom Meere allein abgesetzt werden. Geschiebebänke nennt man Aufhäufungen kleinerer und größerer Geröllmassen, Felsstückchen aller Art, die das Meer auf seinem Grunde losspült, oder aus Muschelschaalen bildet, welche darin schwimmen und die eine fortdauernde Strömung oder ein bestimmter Windzug dem Lande zuführt. In der Regel werden diese Massen von derselben Welle, welche sie dem Lande nähert, auch wieder rückwärts getrieben, und häufen sich deshalb an der Küste nicht auf; aber an Stellen, wo bestimmte Winde herrschen und zu Zeiten sturmartig sich mehren, schleudert der stärkere Wogenschlag die Geröllmassen über die Wirkung der rückgängigen Wellenbewegung hinaus; es entsteht nach und nach ein kleiner Steindamm, in dessen Fugen sich Sandkörner einsetzen und ihn zu einer festern Masse gestalten. Solche Dämme ergeben die Geschiebebänke; sie bilden eine gute Schutzwehr gegen den Wogendrang und leisten dem Ufer dasselbe, was jene früher erwähnten Geröllmassen ihm gewähren, welche als abgespülte Theile des Ufers sich vor ihm aufhäufen. In den meisten Fällen vereinigen sich beide Ursachen, indem die abgespülten größeren Felsblöcke die Veranlassung werden, daß über sie von den Wogen hinweggeschleuderte kleine Geschiebe sich halten können. Daraus sind namentlich die großen Geschiebebänke entstanden, welche sich vor den ostwärts gewendeten Kreideufern der genannten Küsten bilden, und von denen die malerische Insel Rügen bei Arcona und Stubbenkammer so vortreffliche Beispiele darbietet.

Sandbänke unterscheiden sich von den Geschiebebänken nur darin, daß sie bloß aus feinen Sandkörnern bestehen und im Laufe der Zeiten Gestalt und Umfang leichter ändern. Sie bilden sich theils an flachen Sandufern aus dem vom Meere abgespülten Sande, theils und ganz besonders an Stellen, wo verschiedene Bewegungen des Wassers sich begegnen, oder eine bestimmte Bewegung des Meeres plötzlich gehemmt wird. Beide Ursachen nöthigen das Wasser, seine Geschiebe, seien es auch nur leichte Sandkörner, fallen zu lassen, und da die Ursachen eben so fortdauernd sind, wie die Bewegungen des Wassers, so bedingen sie ein fortdauerndes Anschwellen der Untiefen. Auf solche Weise entstehen Sandbänke vor fast allen Flußmündungen, die es nicht zu Deltagebilden oder Mündungsinseln bringen, und auch bei ihnen treten die neu sich bildenden Striche immer zuerst als Sandbänke auf. Ganz besonders aber sind Meerengen und hervorragende Uferspitzen zur Bildung von Sandbänken geeignet, weil in

ihrer Nähe fast immer zwei Wasserströme sich begegnen. Auch dafür bietet schon allein die Ostsee mannigfache Belege dar. Es versandet z. B. die Meerenge zwischen der Insel Rügen und der Pommerschen Küste an ihrem westlichen Ende so stark, daß sie nur durch künstliche Mittel für die Schifffahrt offen erhalten werden kann. Die Ursache der Sandanhäufung liegt theils in der Schwächung, welche der eingeengte Meeresstrom bei seinem Austritt in die offene See erleidet, theils und ganz besonders in der Form der Küste neben der Meerenge, die hier sich plötzlich nach Westen umbiegt und mittelst der an ihr stattfindenden Strandbildung dem aus der Meerenge kommenden Wasserstrome entgegenwirkt. Beide konstanten Wasserbewegungen begegnen sich am Ende der Insel Zingst, und schließen einen ruhigen Meereswinkel ein, der zur Aufnahme des Schlammes dient, woraus die Sandbank, der Bock, sich bildet. Aehnlichen Umständen haben die großen Untiefen neben Neu-Fundland und Neu-Schottland ihre Entstehung zu danken. Dort treibt der Golfstrom alle feineren Sandtheile nordwärts mit sich, bis er an den bemerkten Stellen von dem Strom der Lorenzomündung getroffen und gelähmt wird, was beide Ströme nöthigt, ihre Geschiebe fallen zu lassen und als Sandbänke abzusetzen. Ebenso leicht bilden sich hinter großen Landzungen, wie z. B. westwärts neben Florida, Sandbänke, indem der von den Küsten des Mexikanischen Meerbusens kommende Strom einen Widerstand findet, geschwächt wird, seine treibende Kraft verliert, also Sandmassen absetzt. Bisweilen sind sogar Meerengen, durch die kein starker Strom geht, von Sandbänken verschlossen worden. Ein solcher Fall tritt da gern ein, wo der Eingang in die Meerenge viel weiter ist als der Ausgang. Alsdann werden die mit großer Gewalt einströmenden Wassermassen gehemmt und veranlaßt, ihre Geschiebe fallen zu lassen; welcher Umstand zur Bildung einer Sandbank führt, die den Eingang verschließt und später beide gegenüberstehende Ufer verbindet, wenn sie bis zum Wasserspiegel emporgestiegen ist, und die früher (S. 13) besprochene Dünenbildung eintritt. — Ein sehr schönes Beispiel dieser Art zeigt wieder die kleine Insel Rügen zwischen ihren beiden Halbinseln Wittow und Jasmund, welche jetzt durch eine niedrige sandige Landenge, die Schabe, und weiter südlich zwischen Jasmund und Rügen durch eine zweite kürzere, die schmale Heide, verbunden sind, vormals aber ohne Frage an eben diesen Stellen getrennt waren. Beide Landengen schließen ostwärts ein Binnenmeer, die Bodden, dessen westlicher Ausgang so enge ist, daß man ihn mit einem Kahn in 10 Minuten überschreitet, während die Schabe über eine Stunde Ausdehnung hat, aber nirgends mehr als eine Viertelstunde breit ist, auch aus einem kahlen unbewohnten Erdreich besteht, dessen Beschaffenheit, wenn andere Gründe fehlten, über seinen Ursprung die beste Auskunft ertheilen würde.

Aus allen diesen Thatsachen geht nun wohl zur Genüge hervor, daß die Gewässer für sich allein, und in Verbindung mit herrschenden Luft-

strömungen oder Winden, noch heut zu Tage eine bedeutende mechanische Wirkung auf das Land ausüben, also auch vormals ausgeübt haben werden, und daß durch sie ein großer Theil jener Veränderungen herbeigeführt worden ist, von welchen die Erde in ihrer jetzigen Beschaffenheit Zeugniß giebt. Allein übersehen wir es nicht, daß alle diese Veränderungen nur geringe und größtentheils örtliche sind, welche eigentlich nichts Neues hervorbringen, sondern nur Vorhandenes umbilden; und daß wir mit Hülfe der mechanischen Thätigkeit des Wassers zwar die Form, aber nicht gut den materiellen Inhalt der großen geschichteten Niederschläge erklären können, deren Ausgänge wir noch in der Höhe vieler Gebirgsgipfel wahrnehmen. Wir würden dabei zu der Hypothese gelangen, daß sie selbst einmal in früherer Zeit Meeresboden waren, und wenn wir keine Ursachen ihrer Erhebung nachweisen können, annehmen müssen, daß das Meer einst so hoch stand, wie diese geschichteten Massen noch heute liegen. Eine spätere Untersuchung wird lehren, welche von beiden Ursachen die wahrscheinlichere ist; zuvörderst aber untersuchen wir im nächsten Abschnitt die chemischen Einwirkungen der Gewässer und der Atmosphäre.

3.

Chemische Wirkungen der Gewässer in der Gegenwart. — Theilnahme der Organismen. — Einfluß der Atmosphäre.

Eben nicht geringer, als die geschilderten mechanischen Einwirkungen der Gewässer auf die Gestaltung der Erdoberfläche, sind die Einflüsse, welche das Wasser chemisch als Lösungsmittel der Gesteine auszuüben im Stande ist. Indeß zeigt es in dieser Beziehung noch bei weitem verschiedenartigere Wirkungen; denn während es einige Stoffe, wie die Metalle, gar nicht zu lösen vermag, löst es andere, z. B. mehrere Salze, sehr leicht auf, und äußert gegen viele Erdarten, obgleich nur langsam, doch ähnliche Wirkungen.

Bei Untersuchung dieser Fähigkeit des Auflösens handelt es sich übrigens nicht darum, daß das Wasser in die Zwischenräume lockerer erdiger Körper, z. B. der Lehmflötze, eindringt und diese in einen oft sogar fließenden Brei verwandelt, sondern es handelt sich um eine wirkliche Auflösung, welche wir mitunter auch schmelzen nennen, obgleich diese Bezeichnung nur von feurig-flüssigen Körpern gebraucht werden sollte. Bei einer wahren Auflösung entzieht sich der gelöste Stoff immer in seiner räumlichen Begrenzung unseren Sinnen, er verschwindet so zu sagen in Wasser und verräth seine Anwesenheit nur noch durch diese oder jene Eigenschaft, die er dem Wasser beilegt, sei es eine Farbe, oder ein besonderer Geschmack, oder eine Umfangsvermehrung, oder eine größere Schwere.

Allerdings wird dadurch das Wasser auch verändert, aber diese Aenderung tritt als neue Qualität des Wassers hinzu, und der gelöste Stoff ist als ein vom Wasser gesonderter Körper nicht mehr in ihm erkennbar; wie es bei mechanischen Mengungen immer der Fall ist, mag der Stoff auch noch so fein zertheilt sein. Beide Stoffe durchdringen sich also bei Lösungen auf die Weise, daß der eine die Individualität des andern vernichtet, während die seinige sich zugleich ändert, bei Mengungen aber behält jeder Theil seine ihm eigenthümliche Individualität bei, und es ändert sich höchstens nur die räumliche Beziehung des einen zum andern, sei es im Ganzen oder in den einzelnen Theilen.

Nur wenige Bestandtheile des Erdkörpers kann das Wasser leicht oder in größeren Quantitäten wirklich auflösen, und das sind vorzugsweise die Salze, wie Kochsalz, Glaubersalz, Bittersalz, Salpeter, Alaun und die Vitriole, welche ebendeshalb überall, wo sie mit dem Wasser in Berührung kommen, sich ihm mittheilen, und zu eigenthümlichen mineralischen Quellen der verschiedensten Art, unter andern auch zu den Salzquellen oder Soolen, aus denen wir das feste Salz durch Verdunstung des Wassers beim Kochen wieder darstellen, Veranlassung geben. Auf dieselbe Weise sind nicht bloß alle Mineralquellen mit ihren darin aufgelösten festen Stoffen entstanden, sondern auch die flüchtige Stoffe mit sich führenden Säuerlinge, welche Kohlensäure enthalten, oder die Schwefelwasser, denen Schwefelwasserstoffgas beigemischt ist. Das Wasser begegnet auf seinem oft sehr langen Wege, den es von der Oberfläche zur Tiefe durchläuft, um demnächst an einem andern Orte wieder als Quelle hervorzubrechen, gewissen Gesteinen, worin sich auflösliche Stoffe befinden; es nimmt diese Stoffe, während es die Gesteine durchdringt, je nach der vorhandenen Quantität oder der Schnelligkeit, womit es ihre Lager durcheilt, mehr oder weniger in sich auf, und gelangt endlich als veränderte Flüssigkeit wieder zu Tage. Allein nur wenige Quellen enthalten so starke, dem Geschmack leicht erkennbare Zusätze, das Wasser der meisten erscheint uns rein oder unvermischt; woraus wir schließen dürfen, daß die Gesteine in seiner Umgebung keine auflöslichen Stoffe hergaben und überhaupt die meisten festen Bestandtheile des Erdkörpers nicht vom Wasser aufgelöst werden können, weil Mineralwasser, Soolquellen und Säuerlinge zu den minder allgemeinen Vorkommnissen gehören.

Das Urtheil des bloßen Auges und der Zunge über die Reinheit des Quellwassers reicht freilich für eine wissenschaftliche Untersuchung nicht hin; wir müssen sichere Kennzeichen haben, wenn wir uns wirklich überzeugen wollen. Prüfen wir aber das scheinbar reine Wasser auf seine absolute oder chemische Reinheit, so ergiebt sich, daß in der That kaum eine einzige Quelle ganz rein ist, sondern fast alle, neben Spuren von Säuren und Salzen, auch erdige Bestandtheile in sich aufgelöst enthalten. Am häufigsten von den Erden findet sich die Kalkerde im Quellwasser. Wir treffen selbige auf

der Erdoberfläche vorzüglich mit der Kohlensäure verbunden als eigentlichen Kalk und mit der Schwefelsäure als Gyps an. Der Gyps ist für sich allein im reinen Wasser löslich, jede Quelle kann also Spuren von Gyps führen, die Gypslagern auf ihrer Bahn durch die Erdrinde begegnet. Kohlensaurer Kalk ist im reinen Wasser nicht löslich, wird es aber, wenn das Wasser freie Kohlensäure enthält. Ihre Anwesenheit in fast allen Quellen und Brunnen bewirkt die Auflöslichkeit des Kalkes und seine fast allgemeine Verbreitung im Quellwasser. An und für sich bemerkt man den Kalk nicht leicht, allein bei der Verdunstung des Wassers stellt er sich als Bodensatz dar, obgleich die geringen Quantitäten, worin er vorhanden ist, ihn erst wahrnehmbar machen, wenn große Wassermassen in demselben Gefäße verdunstet oder wenigstens gekocht wurden; denn schon beim Kochen entweicht die Kohlensäure mit der atmosphärischen Luft aus dem Wasser und der Kalk schlägt sich nieder. Dazu kommt, daß der kohlensaure Kalk im kalten Wasser leichter löslich ist, als im heißen; jede höhere Erwärmung des Wassers also die Abscheidung des Kalkes begünstigt. Mancherlei zum Theil allgemein bekannte, aber Vielen unklare Erscheinungen haben ihren Grund in den angegebenen Verhältnissen. Wir sehen, wie sich unsere Theekessel inwendig mit steiniger Kruste, dem Kessel- oder Pfannenstein, überziehen, ohne zu ahnen, daß es die kohlensaure Kalkerde des scheinbar reinen Quellwassers ist, welche sich an den Wänden des Gefäßes beim Kochen absetzt. Wir bewundern die schönen buntfarbigen Sprudelsteine Karlsbads, wenn sie geschliffen zu so manchen Kunstsachen verarbeitet vor uns liegen, und haben in ihnen eins der schlagendsten Beispiele, wie große Massen fester Bestandtheile im Quellwasser vorhanden sein können; zumal wenn wir an die Schnelligkeit denken, mit welcher Blumensträuße, Vogelnester und alles Hineingeworfene von dem steinigen Niederschlage des Sprudelwassers überzogen wird. Hier zeigt uns das heiße Wasser eine entschieden stärkere Thätigkeit, nicht bloß, weil die kohlensaure Kalkerde wegen des stärkeren Ausscheidens der Kohlensäure in ihm weniger löslich ist, sondern auch weil es schneller verdunstet, als kaltes und dadurch in kürzerer Zeit mehr feste Bestandtheile absetzt. Sehr viele Quellen, kalte wie warme, bilden ähnliche feste Niederschläge, und produciren mitunter weit ausgedehnte Kalkmassen, welche je nach ihrer Form: Kalksinter, Kalktuffe oder Tropfsteine genannt werden. Sinter sind kalkige Absätze von deutlich krystallinischem Gefüge, Tuffe haben mehr ein erdiges Ansehen und pflegen porös zu sein, Tropfsteine zeigen concentrisch-krystallinische Schichtung, ähneln mächtigen Eiszapfen im äußeren Ansehn, und entstehen in natürlichen oder künstlichen Höhlen aus dem von der Decke herabträufelnden Wasser, welches, während es verdunstet, den Kalk zurückläßt, den es auf seinem Wege von der Erdoberfläche bis zur Decke der Höhle in sich aufgelöst hatte. Alle drei Niederschläge bestehen übrigens nicht bloß aus kohlensaurer Kalkerde, sondern enthalten in der Regel noch andere

Bestandtheile, namentlich kohlensauren Strontian, schwefelsauren Talk, Gyps, Glaubersalz, Kochsalz, selbst Kieselerde und Eisenerze, vorzüglich Eisenoxyd, welches die braune Farbe des jedesmaligen Absatzes bewirkt und auch im Sprudelsteine die verschieden gefärbte Streifung veranlaßt, je nachdem es zu Zeiten mehr oder weniger als kohlensaures Salz im Wasser aufgelöst ist. Das häufige Vorkommen von Tuffe oder Sinter absetzenden Quellen in den verschiedensten Gegenden der Erde, besonders aber in Italien, wo der Sinter den Namen Travertin führt, und als Baustein von den Alten benutzt wurde; gleich wie die Allgemeinheit der Tropfsteinhöhlen in unserem Vaterlande kann uns überzeugen, daß die auflösende Kraft des Wassers auf die Kalksteine in gegenwärtiger Zeit nicht so unbedeutend ist, wie man von der scheinbaren Reinheit des Quellwassers verleitet oft glaubt. Sicher wird sie auch in früheren Perioden der Erde eine bedeutende Rolle gespielt haben. Bemerkenswerth ist es übrigens für unseren Zweck, daß die aus wässeriger Auflösung sich abscheidenden Stoffe in der Regel eine krystallinische Beschaffenheit zeigen, weshalb wir ohne hinreichende Gründe erdige oder derbe Niederschläge nur für mechanisch dem Wasser vormals beigemengt gewesene Materien halten dürfen. Hiervon scheinen freilich die schon erwähnten Tuffe eine Ausnahme zu machen, denn sie sind eigentlich nicht krystallisirt, sondern derb, d. h. aber nur aus höchst feinen, pulverförmigen Krystallchen gebildet, die wegen der Schnelligkeit, mit welcher ihre festen Bestandtheile aus dem bewegten Wasser sich absetzen mußten, nicht größer werden konnten. Auch haben die Tuffe gemeiniglich ein sehr ungleiches poröses Gefüge, weil sie fremde Körper, Schilfstengel, Grashalme überziehen, und diese Körper in sich gleich Formen abdrücken; ja es scheint, als ob gerade die Anwesenheit von Vegetabilien in den kalkhaltigen Gewässern die Tuffbildung begünstige und deshalb so häufig Pflanzenformen in den Tuffen abgedruckt vorkommen. Es entziehen nämlich die Pflanzen den kohlensauren Gewässern ihre freie Kohlensäure und fällen dadurch den kohlensauren Kalk aus der Auflösung. — Erdige Stoffe oder Lagen werden wir also nicht leicht, selbst wenn sie entschiedene Niederschläge aus dem Wasser sind, für chemisch in ihm aufgelöst gewesene Materien ansehen dürfen, sondern wir werden bei ihnen lieber an eine mechanische Beimengung denken; es sei denn, daß andere Gründe uns zu der Annahme einer wirklichen Lösung nöthigen, wie dies bei den Tuffen der Fall ist. —

Die Kieselerde erscheint unter den festen Bestandtheilen der Quellen zwar nicht minder allgemein, als der kohlensaure Kalk, allein ihre Quantität ist in der Regel viel geringer. Nimmt man $1^1/_2$ bis 2 Procent als Durchschnittszahl für die aufgelösten festen Bestandtheile der gewöhnlichen Quellwasser an, so kommen davon mindestens die Hälfte, häufig selbst zwei Drittel, auf die kohlensaure Kalkerde, aber nur etwa 2 Tausendstel auf die Kieselerde. Im Ganzen enthalten also süße Gewässer nur schwache Spuren

von Kieselerde, und das hängt sicher von ihrer beschränkten Löslichkeit ab. An sich ist die Kieselerde ebenso unlöslich, wie der kohlensaure Kalk; wird sie aber aus früheren Verbindungen, namentlich aus ihrer weitverbreiteten Vereinigung mit Alkalien, durch eine stärkere Säure herausgetrieben, so bleibt sie in dem Wasser, worin die Zersetzung stattfand, aufgelöst zurück und scheidet sich aus ihm erst ab, wenn es verdunstet. Selbst die Kohlensäure kann unter Umständen, zumal wenn sie in beständig fortdauernde Berührung mit gewässerten Silikaten tritt, eine langsame Zersetzung kieselsaurer Alkalien bewirken und die ausgeschiedene Kieselerde im Wasser löslich machen; welcher Proceß die Ursache der Kieselerde in den meisten Quellen um so eher zu sein scheint, als alle Silikate nach und nach Wasser chemisch in sich aufnehmen und dadurch im Wasser löslich werden können. Ganz besonders leicht vermögen übrigens heiße Wasserdämpfe die Kieselerdeverbindungen zu zersetzen, und daher steigert sich gewöhnlich mit der Temperatur einer Quelle ihr Gehalt an Kieselerde. Manche in der Siedhitze zu Tage gehenden Quellen, wie z. B. der Geiser auf Island, sind außerordentlich reich an aufgelöster Kieselerde ($^1/_2$ Procent) und bilden Kieselsinter in ihrer Umgebung, die den Kalktuffen an Ausdehnung nicht nachstehen, und theils durch ihre weiche poröse Beschaffenheit jenen Tuffen ähneln, theils als dichte, opal- oder feuersteinartige Masse sie an Festigkeit bedeutend übertreffen.

Wir haben bisher die auflösenden Fähigkeiten der Quellen in ihren wichtigsten festen Bestandtheilen untersucht, und dürfen jetzt die Frage, ob auch das Meer solche Eigenschaften besitze, nicht länger zurückweisen. Indeß beantwortet schon die bloße Beschaffenheit des Meerwassers jene Frage zu seinen Gunsten. Es ist eine bekannte Thatsache, daß das Meer seinen eigenthümlichen Geschmack den darin aufgelösten Salzen verdankt, und daß man nach Abscheidung derselben aus dem Meere ein eben so reines Wasser, wie aus den Quellen und Flüssen erhält. Hauptbestandtheile dieser Salze sind salzsaures Natron[1]) und salzsaure Talkerde, doch finden sich neben beiden immer noch salzsaurer Kalk, Gyps und Glaubersalz (schwefelsaures Natron) nebst einigen minder allgemeinen Stoffen, wie Jod und Brom. Am meisten überwiegt von diesen Bestandtheilen das Kochsalz, welches $2^1/_2$ bis nahe an 4 Procent der Mischung betragen kann, und an manchen Stellen sogar aus dem Meere gewonnen wird.

1) Der Ausdruck salzsaures Natron, dessen wir uns hier, wie später gewöhnlich, für Kochsalz bedient haben, ist zwar nicht genau, aber von Alters her gebräuchlich. Denn Kochsalz besteht nicht eigentlich aus Salzsäure und Natron, sondern aus Chlor und Natrium (Natronmetall), indem der Wasserstoff der Salzsäure mit dem Sauerstoff des Natrons sich zu Wasser verbunden hat, und als solches bei der Bildung des Kochsalzes ausgeschieden ist. Letzteres heißt daher richtiger Chlornatrium. Derselbe Fall tritt bei den übrigen salzsauren Salzen und bei den flußsauren ein; sie sind eigentlich bloß Chlor- und Fluor-Verbindungen. —

Durch einen so starken Salzgehalt zeichnen sich besonders die Binnenmeere wärmerer Gegenden aus, während kältere Binnenmeere, z. B. die Ostsee, einen sehr geringen Antheil von Salzen besitzen und deshalb auch minder salzig schmecken [2]). Ueber den Ursprung der Salze im Meere war lange Zeit nichts Genügendes ermittelt; allein gegenwärtig hat wohl die Ansicht, daß alle aufgelösten festen Bestandtheile dem Meer durch die Binnengewässer mitgetheilt worden seien, allein noch Geltung; insofern höchstens eine örtliche Aenderung durch eigne Auflösung des Meeres zulässig zu sein scheint. Hiefür spricht vielleicht der Umstand, daß gerade die minder allgemeinen Stoffe in gewissen, zumal vulkanischen, Gegenden sich sehr vorwiegend im Meere aufgelöst finden, und durch bloße Verdunstung aus demselben in fester Gestalt sich wieder abscheiden; obgleich der größere Gehalt auch aus den reichlicher damit gesättigten Binnengewässern, welche an dieser Stelle ins Meer münden, abgeleitet werden könnte. Dadurch entstehen noch unter unseren Augen marine Sandsteine und Kalkschichten. Großes Aufsehen erregte ein auf solche Weise entstandenes Kalksteinlager an der Küste von Guadaloupe, weil man darin vollständig erhaltene Menschengebeine fand, die man für den sichersten Beweis eines präadamitischen Menschengeschlechts hielt, bis genauere Untersuchungen die Entstehung dieses Kalksteins in späterer Zeit darthaten; nicht minder auffallend waren den ersten Beobachtern eigenthümliche Kalksteinröhren an den Küsten Neuhollands, woselbst sie nach den Beobachtungen Riche's durch Verdunstung von Meerwasser entstehen, welches die hochgehende See bei Stürmen an die am Ufer stehenden Gewächse spritzt und dadurch nach und nach mit einer Kalkkruste überzieht. Solche Thatsachen beweisen die auflösende Thätigkeit des Meerwassers, oder wenigstens seine Fähigkeit, aufgelöste ihm zugeführte Stoffe in ihrer Auflösung erhalten zu können, ebenso entschieden, wie die Tuffe und Sinter das Auflösungsvermögen der Quellen; sie geben zugleich über den Ursprung mancher Kalklager in frühern Erdbildungsperioden Auf-

2) Die neuesten Analysen von Forchhammer (Froriep's n. Not. 40. 245) haben gezeigt, daß das Meer zwischen den Tropen den stärksten Gehalt an festen Bestandtheilen besitzt, nämlich 36,5 Theile auf 1000 Theile Wasser. Gegen die Pole hin fällt der Gehalt bis auf 32,5; den allerstärksten Gehalt zeigte das Wasser des Mittelmeeres, nämlich 37,1; den geringsten die Ostsee. Ueberall ist das Meer an den Küsten ärmer an salinischen Stoffen, als in der hohen See; offenbar wegen der vielen in dasselbe mündenden süßen Gewässer. Alle festen Bestandtheile sind entweder Chlorverbindungen (s. die vorige Note), oder schwefelsaure und kohlensaure Salze. Das Verhältniß dieser beiden Mischungsantheile ergiebt sich aus ihren Säuren wie 10,0 zu 1,0—1,24; wobei der stärkere Gehalt an Schwefelsäure von der Nähe der Küsten abhängig zu sein scheint und wahrscheinlich von der aufgelösten schwefelsauren Kalkerde (Gyps) herrührt, welche die Flüsse dem Meere zuführen. Die kohlensauren Salze (Talk und Kalk) sind nur in Spuren vorhanden, weil die größere Masse der dem Meere zugeführten Karbonate, entweder wie die Alkalisalze, in Chlorverbindungen und Sulphate umgesetzt, oder in fester Gestalt, wie die Erdsalze, aus ihm wieder abgeschieden wird.

schlüsse, und weisen auf die Entstehung der oolithischen Kalksteine älterer Perioden als Niederschläge aus einem reichlich mit aufgelöstem kohlensauren Kalk gesättigten Meere hin, während zugleich die mächtigen Sandsteinlager uns von der Anwesenheit mechanischer Beimengungen überzeugen. Den letzteren verdankt nämlich der Meeressand seinen Ursprung. Anzunehmen, daß der Meeressand von im Meere aufgelöster Kieselerde herrühre, wie das vordem öfters geschah, ist weniger erlaubt, weil das Meer gegenwärtig nur sehr geringe Quantitäten von Kieselerde enthält, und zu deren Abscheidung besonderer, meist organischer Processe bedarf. Inzwischen muß Kieselerde in früheren Perioden der Erdbildung stärker im Meere aufgelöst gewesen sein, weil man Kieselerdeknollen, sogenannte Feuersteine, in vielen Sedimenten antrifft, welche nachweislich Meeresproducte sind, und weil die Feuersteine fast alle in sich Versteinerungen enthalten, ja ganze Thierkörper umschließen oder sich darnach geformt haben. Der Mangel einer krystallinischen Struktur zeigt übrigens, daß kein chemischer Proceß ihre Abscheidung bewirkte; er führt uns in Verbindung mit dem häufigen Vorkommen organischer Körper in den Feuersteinen zu der Vermuthung einer durch Organismen veranlaßten Ausscheidung. In der That wollen auch einige Naturforscher die Badeschwämme (Spongiae) für die Urheber der Feuersteine erklären und behaupten, daß diese Geschöpfe die Kieselerde entweder mechanisch dem Meere, auf dessen Boden sie wuchsen, entzogen, oder selbst chemisch aus ihm abschieden. In ihre von Kieselerde durchdrungenen Gebäude seien Thierkörper zufällig gerathen, daselbst festgehalten und so in die Feuersteinmasse aufgenommen worden. Damit wäre freilich die Form der Feuersteine erklärt, aber nicht der Ursprung der Kieselerde im Meerwasser jener Zeit; ihn zu deuten ist die Annahme großartiger Zersetzungen in älterer Zeit um so nöthiger, als nur sie das Entstehen freier Kieselerde zu erklären vermögen.

Wir ersehen aus dem, was soeben über die Bildung der Feuersteine gesagt worden ist, daß auch organische Geschöpfe an dem Umsatz der unorganischen Bestandtheile unseres Erdkörpers Antheil nehmen können, und werden dadurch veranlaßt, diese Seite des organischen Lebens weiter ins Auge zu fassen. Es ist eine derartige Betrachtung schon deshalb hier am Orte, weil die bezeichnete Thätigkeit der organischen Geschöpfe sich lediglich auf das Auflösungsvermögen des Wassers gründet, und keine anorganische Materie anders, als im aufgelösten Zustande von den Thieren oder Pflanzen aufgenommen werden kann; die auflösende Kraft der Gewässer also indirect durch die anorganischen Absätze bewiesen wird, welche das Thier- und Pflanzenreich veranlaßt, wenn nicht geradezu bildet. In der That giebt es wenig lebendige Geschöpfe, deren Lebensproceß nicht gewisser anorganischer Stoffe bedürfte und selbige, wenn das Geschöpf beim Tode in seine Elemente sich auflöst, in fester Gestalt dem Medium wieder übergäbe, welchem sie dieselben in flüssiger Form früher entzogen haben. Den größten Theil dieser festen Bestandtheile der Geschöpfe liefern die Kalkerde und die

Kieselerde, also gerade die beiden Materien, deren allgemeinste Verbreitung in der Erdrinde, wie in den Gewässern, wir erkannt haben. Die Kalkerde wird besonders von den *Thieren* aufgenommen und zu den harten Gerüsten ihres Körpers verwendet; die niederen Thiere fixiren sie als *kohlensaure Kalkerde*, die höheren und namentlich die Rückgratthiere nehmen vorzugsweise *phosphorsaure Kalkerde* auf und entziehen dieselbe imgleichen den Gewässern, obwohl die Quantität des aufgelösten phosphorsauren Kalkes oder *Apatits* viel geringer ist, als die des kohlensauren Kalkspaths. Die Masse von Kalkerde, welche dadurch aus den Gewässern wieder abgeführt wird, muß als höchst beträchtlich erscheinen, wenn man auf die Millionen von Muscheln, Schnecken und Korallen des Meeres Rücksicht nimmt, und dazu noch die an Zahl zwar geringeren, aber an Masse jenen kleineren Geschöpfen im Ganzen wohl nicht nachstehenden größeren Rückgratthiere mit ihren kalkigen Skeletten in Erwägung zieht. Schon die alleinige Betrachtung des *menschlichen Körpers* zeugt für die enorme Masse *anorganischen*, von den Organismen aufgehäuften *Materials*; denn rechnen wir nur 3 Pfund Kalk auf jeden Menschen (ein erwachsener gesunder Mensch besitzt dessen etwa 7 Pfund), so ergiebt das eine Summe von 27 Millionen Centnern, die alle aus dem Wasser herrühren, welches die Menschen als Getränk oder in den Nahrungsmitteln während ihres Lebens verbraucht haben. Dahin aber kehrt dieser Kalk beim Tode der einzelnen Individuen wohl nur seinem kleineren Theile nach zurück, ein großer Theil bleibt als fester Bestandtheil im Boden und vermehrt die erdige Schicht, welche einträchtig mit dem Ausbreiten der Organisation über die Oberfläche unseres Weltkörpers sich hinzieht. — Die Kalkerde der Landthiere, also auch des Menschen, stammt übrigens größtentheils aus den Binnengewässern und namentlich aus den Quellen, deren Wasser die Geschöpfe tränken; sie wird, wie die Erfahrung lehrt, nur in ihrem kleineren Theile wirklich diesen Gewässern durch Thiere entzogen, viel scheidet sich durch Verdunstung daraus ab, noch mehr gelangt aufgelöst bis ins Meer; und da beginnt nun der großartigste Ausscheidungsproceß durch die Muscheln, Schnecken, Polypen und die anderen zahlreichen Kalk in sich aufnehmenden Meerthiere. Was die aller Orts im Meere vorhandenen Muscheln und Schnecken abscheiden, ist zwar nicht unbeträchtlich, — wiegt doch die Schaale einer einzigen großen Auster 20—25 Loth, und wie viele Hunderttausende solcher Schaalen werden nicht jährlich durch die Leckermäuler aller Nationen der Erde wieder übergeben, — allein es verschwindet gegen die ungemeine Thätigkeit der Korallenthiere, auf deren Dasein sich die Existenz großer Felsenriffe im Meere und selbst die Entstehung von Inseln gründet. Diese mächtigen Dämme kohlensaurer Kalkerde mit ihren zahllosen, von Generation zu Generation in unermüdlicher Thätigkeit fortbauenden Bewohnern sind es besonders, an denen die erstaunenswürdige Macht der Kalkabsonderung durch die Thierwelt sich offenbart, an denen die

gleichsam filtrirende ausscheidende Wirkung der Organisation auf das Meerwasser sich unzweideutig herausstellt [3]). Im klaren, wenn auch nicht ruhigen, aber dem Lichte und dem erwärmenden Sonnenstrahl gleichmäßig zugänglichen Ocean gründen sie auf fester Basis ihre ersten kalkigen Wohnungen und führen sie fort, so lange das Meer seine gleiche krystallne Reinheit, seine ungeänderte höhere Wärme behält. Beide Bedingungen dürfen ihnen nicht fehlen und daher beschränken sich Korallenriffe auf die tropischen Gegenden der Südsee und Westindiens, wo ihnen untermeerische Felsenreihen als Grundlage dienen und gleichmäßige Meerestiefen fortdauernd zu Gebote stehn. Schäumende Brandungen stören sie nicht, im Gegentheil, die Korallen bauen am liebsten gerade da, wo sie heftig wirken; aber ein continuirlicher Strom, besonders wenn er durch ausmündende Flüsse bewirkt wird und Unreinlichkeiten aller Art ihnen in den Weg treibt, hindert ihre Ausbreitung; er durchbricht das Riff und öffnet dem kühnen Schiffer den Zugang zu diesen natürlichen Hafenbauten im sturmbewegten Weltmeer. Die ruhige Lagune in ihrem Innern ist dann der Sammelplatz zahlreicher Organismen und der Ablagerungsort ihrer verwesenden Leiber; hier vereint sich das Kalkgerüst der Fische mit dem Panzer der Krebse und den Schaalen der Muscheln wie Schnecken zu einem homogenen mächtigen Kalkniederschlage, welcher mit keinem älteren Gebilde besser, als mit der Kreide, sich vergleichen läßt. Wo aber ungünstige Oertlichkeiten den Anbau der Korallenthiere hindern, wo flache schlammige Ufer das Meer trüben, wo große Ströme ihren Schlick absetzen, da bleiben die Muscheln und Schnecken noch thätig, da bilden sich die Austernbänke auf Untiefen, da siedeln sich die zarteren Röhrenpolypen, die kalkführenden Algen an, und verbreiten mittelst ihrer jährlich absterbenden Generationen den fixirten kohlensauren Kalk durch die sedimentäre Schicht, welche sich hier aus jenen Zufuhren vom Lande her nach und nach als Mergel, Sandstein oder Thonlager gestaltet. Als petrificirte Reste werden dereinst die besser erhaltenen Schaalen oder Gerüste in späterer Zeit von dem Dasein ihrer Urheber sichere Auskunft geben.

Die Kieselerde ist nur in sehr geringen Quantitäten als Bestandtheil thierischer Körper nachgewiesen, dagegen sehr allgemein im Pflanzenreich verbreitet. Alle Gräser, besonders die Schilfrohrarten, die Palmen, die

---

3) Die Betrachtungen von G. Bischof (chemische Geolog. I. S. 964.) lehren, daß durch Verdunstung keine kohlensaure Kalkerde aus dem heutigen Meere, seinen allgemeinen Eigenschaften nach, abgeschieden werden kann, weil der Verlust an Flüssigkeit durch den atmosphärischen Niederschlag fortdauernd wieder ergänzt wird. Aehnliche, wenigstens nicht sehr wesentlich verschiedene Verhältnisse fanden aber auch in der Vorzeit statt, und eben diese machen es wahrscheinlich, daß schon damals der kohlensaure Kalk nur durch die Organismen dem Meere entzogen wurde. Wir werden auf diesen Gegenstand später bei der Schilderung der Erdbildung im Allgemeinen und bei Darstellung der Grauwacken- und Kreide-Periode zurückkommen, weshalb wir ihn jetzt nur so kurz berühren.

Schachtelhalme, enthalten in ihren Oberhautgebilden eine große Menge von dieser Erde und verdanken derselben die ungemeine Härte, die Schärfe ihrer schneidenden Kanten, das Dauerhafte ihres Stammes. Von dem gewöhnlichen Schachtelhalm (Equisetum arvense) liefert die Asche 95 Procent Kieselerde, vom Rottang-Rohr (Calamus Rotang), dem bekannten Material des Flechtwerkes unserer Stühle, sogar 97 Procent. Ganz besonders thätige Fixatoren der Kieselerde sind aber die kleinsten vegetabilischen Gestalten, die nur aus einfachen Zellen bestehenden kieselschaaligen Bacillarien oder Diatomeen. Millionen dieser mit Unrecht dem Thierreiche zugezählten Geschöpfe bevölkern alle stehenden Gewässer, von der kleinsten Wiesenlache bis zum Ocean, und binden hier fort und fort die in ihrem Wasser enthaltene Kieselerde. Die ungeheure Zunahme und die Menge so kleiner scharfkantiger, von glasartiger kieseliger Oberfläche umschlossener, innen mit gelb, braun oder grün gefärbtem Stoffe theilweis erfüllter Wesen bewirkt allerdings völlig erstaunenswürdige Resultate; sie liefert in kurzer Zeit mehrere Fuß starke Erdschichten, und beweist ihr gewaltiges Eingreifen in die Vermehrung des Festlandes durch die ausgebreiteten, 20—30 Fuß mächtigen Lager, welche von ihnen als Polierschiefer, Kieserguhr, Tripel oder Smirgel in vorhistorischen Perioden gebildet wurden. Ohne Frage sind diese kleinsten und einfachsten Pflanzenformen das wichtigste und thätigste Hülfsmittel, die aufgelöste Kieselerde aus dem Wasser niederzuschlagen und gleichsam die Reductoren derselben in feste Gestalt; überall, wo sie Raum gewinnen, ist die Abscheidung der Kieselerde gesichert und ihr Niederschlag, den chemische wie mechanische Kräfte unter den obwaltenden Umständen nicht in Aussicht stellten, eben dadurch gewonnen worden. — Aber nicht bloß lebende Geschöpfe, auch todte verwesende Organismen wirken durch ihren Zersetzungsproceß reducirend auf manche im Wasser vorhandenen anorganischen Materien. Namentlich scheinen die weichen Theile abgestorbener Meerthiere, der Schnecken, Muscheln, Radiaten, eine anziehende Kraft auf die mechanisch im Wasser schwebende Kieselgallerte ausüben zu können, weil wir nicht sowohl die Schaalen, als die inneren Räume derselben häufig mit Kieselerde gefüllt und in Feuerstein verwandelt finden. Von ähnlicher Art dürfte die Einwirkung der Badeschwämme auf die Kieselerde des Kreidemeeres gewesen sein und daraus die unregelmäßig knollige, mit den Resten thierischer oder pflanzlicher Wesen durchdrungene Form der Feuersteine folgen. Vielleicht daß selbst die noch vegetirende Spongie, vermöge des gallertartigen Nebels, der sie in der Art, wie wir es bei vielen Süßwasser-Algen antreffen, umgab, anziehend auf die Kieselgallerte wirkte und eine ursprünglich bloß formelle Affinität, nämlich der gallertartige Zustand, die Verbindung beider heterogenen Stoffe, der vegetabilischen und anorganischen Gallerte, zu einem Ganzen, dem spätern Feuerstein, veranlaßte. Diese Vorgänge sind indessen, so viel auch neuerdings über sie verhandelt worden ist, noch nicht

genügend aufgeklärt, obgleich das nicht mehr bezweifelt werden kann, daß organische Körper einen gewissen Antheil an der Entstehung der Feuersteine haben. — Leichter und besser läßt sich die Einwirkung verstehen, welche die in der Zersetzung begriffenen Organismen auf das Eisen, diesen nicht minder allgemein, als die Kieselerde, verbreiteten Stoff, ausübten. Wir haben schon gesehen, daß Eisen in vielen Quellwässern als kohlensaures Oxyd gelöst enthalten ist und beim Verdunsten des Wassers aus ihm sich abscheidet. Diesen Proceß unterstützen die fauligen thierischen Stoffe, indem sie den Sauerstoff des Eisenoxydes zu ihrer Zersetzung an sich reißen und das Eisen zu anderen Verbindungen nöthigen. Die allgemeinste derselben ist die mit Schwefel, woraus der Schwefelkies entsteht, und indem die meisten Wasser, welche kohlensaures Eisenoxyd führen, auch schwefelsaure Salze gelöst enthalten, bewirken die sich darin zersetzenden organischen Körper eine Verbindung des Schwefels mit dem Eisen, während sie den Sauerstoff des zuvor gebildeten schwefelsauren Eisenoxyds sich aneignen und die Kohlensäure frei machen. Daher kommt es, daß so viele Versteinerungen in Schwefelkies sich verwandelt haben. Eine solche Einwirkung üben thierische wie pflanzliche Körper in gleichem Grade aus; beide reduciren durch den Faulungsproceß, indem sie den Sauerstoff ihrer Umgebungen verbrauchen und diejenigen Stoffe, welche bisher mit ihm verbunden waren, zu neuen Verbindungen unter einander nöthigen. Eben dieser Umstand erklärt nun zur Genüge das so häufige gesellige Vorkommen von Eisenkies und organischen Resten, oder die Umwandlung dieser in jenes. Ohne Zweifel sind aber die ursprünglichen Zustände der jetzt fixirten Stoffe die Lösungen gewesen, in denen sie sich im Wasser jener Zeitalter befanden, und wenn auch in ihrer gegenwärtigen Form das Wasser kein Auflösungsmittel mehr für sie ist, so war es das doch in ihrem früheren Zustande. Dafür zeugt ihre Umwandlung in eine organische Gestalt, weil jedweder lebende wie todte Organismus nur Flüssigkeiten in seine organischen Gewebe aufnimmt und nur aus flüssigem Zustande die festen Stoffe abscheidet, welche er an ihre Stelle setzt. —

Die Auflösungen durch Gewässer können natürlich nur dann eintreten, wenn das Wasser wirklich mit den zu lösenden Stoffen in Berührung kommt; weshalb die Beschränkung desselben auf bestimmte Räumlichkeiten eine solche Einwirkung gar sehr zu beeinträchtigen scheint. Dieser Beschränkung ist indeß durch die beständige Anwesenheit des Wassers in der Atmosphäre als Dunst begegnet; die Wasserdünste finden mit dem Luftkreise überall hin einen Eingang, sie versehen die feste Erdrinde ebensogut in der Höhe mit Wasser, wie es sein eignes Gewicht in ihre Tiefe hinabzieht und selbst bis in die engsten Lücken der Felsmassen hineindrängt. Das in der Atmosphäre enthaltene Wasser übt aber, wenn auch langsamer, dieselben Einwirkungen auf die Gesteine aus, welche das unterirdische und superficielle äußert, es löst sie nach und nach, wenn hinreichende Wassermassen

vorhanden sind. Daraus entsteht die unter dem Namen der Verwitterung bekannte Erscheinung; sie ist in der That nichts anderes als ein Auflösen der Gesteine in dem Wasser und den freien Säuren der Atmosphäre. Ihr erliegen mit der Zeit selbst die härtesten Gesteine; zumal der Granit, ein Gemisch dreier krystallinischer Substanzen, des Feldspathes, Quarzes und Glimmers. Besonders ist es der Feldspath, welcher dazu neigt, und weil er in den meisten Graniten den größeren Mischungsantheil bildet, zum Verwittern der ganzen Masse Veranlassung giebt. Der Feldspath besteht nämlich selbst wieder aus verschiedenen Stoffen, von welchen zwei, die Kieselerde und Thonerde, immer in ihm vorhanden sind, ein dritter aber theils Kalkerde, theils Kali, theils Natron sein kann. Indeß würde die Einwirkung des atmosphärischen Wassers schwerlich genügen, die Verbindung dieser drei Stoffe zu lösen, wenn nicht in der Luft ebensogut, wie im Quellwasser, freie Säuren, zumal die Kohlensäure, vorhanden wären[4]), unter deren lang fortdauerndem Einfluß Kali, Natron und Kalkerde ihre Verbindung mit der Kieselerde aufgeben, sich in kohlensaure Salze umsetzen, als solche vom Wasser sich auflösen lassen, und dadurch die zwischen ihnen und den genannten Erden im Granit bestandene Verbindung zerstören. Alsdann zerfällt das feste krystallinische Gestein in eine weiße erdige Substanz, welche wesentlich aus einer Verbindung von Kieselerde mit Thonerde und Wasser besteht, die als Porzellanerde oder Kaolin vielfache Benutzung findet. Eine solche Zersetzung des Feldspaths ist auch möglich, wenn er sich nicht im krystallisirten Zustande, sondern im einfach derben (s. S. 5) befindet, und da diese Art seines Vorkommens bei allen Porphyren die gewöhnliche ist, so zerfallen letztere ebenso, wie die Granite, in Porzellanerde. Nicht minder thun es die Basalte, derbe Gesteine von schwarzer oder grauer Farbe, welche aus einem Gemenge feiner Zeolith- und Augitkörner mit mehr oder minder beträchtlichen Antheilen (10—20 Procent) von Eisenoxyden bestehen; auch ihre Verwitterung ist ein dem Auslaugen ähnlicher Proceß, und wird durch Ausziehen der Alkalien aus dem Zeolith vermittelst gesäuerten Wassers bedingt, wobei das Eisen in Rost (Hydrat) sich verwandelt und die davon braun gefärbte Thonerde mit dem feinen Augitpulver einen mehlartigen Ueberzug oder eine solche Kruste bildet, die fallender Regen nach und nach abwäscht und mit sich fortführt. Dies ist der gewöhnliche Weg, den die Verwitterungsproducte nehmen; sie werden fortgeschwemmt, begegnen auf ihrem Wege mit dem Wasser anderen Stoffen aller Art, hüllen sie in sich ein, und bilden, wo das Wasser stehen bleibt, neue Erdlagen, Sedimente oder Flötze, welche häufig mit Sandkörnern und Bruchstücken

---

4) Durchschnittlich enthält die Atmosphäre 0,04 Procent Kohlensäure. Nach Gewittern zeigen sich auch geringe Antheile von Salpetersäure. Ihre Hauptbestandtheile sind bekanntlich Stickstoff (79 Procent) und Sauerstoff (21 Procent), nebst Wasserdunst in höchst schwankender Menge.

anderer Gesteine gemischt sind, und in dieser Form Conglomerate oder Breccien genannt werden. Es leuchtet ein, daß die schweren Massen zu unterst im Lager sich absetzen werden, daß über ihnen die Sandkörner liegen müssen und erst oben die feinere Thonerde reiner auftreten wird, mithin durch einen einzigen Wasserstrom die Bildung dreifacher Schichten, der Conglomerate, Sandsteine und Thonflötze, bewirkt sein kann.

Tritt der bezeichnete Verwitterungsproceß der älteren Gesteine also in der Weise ein, daß die verwitterten Massen von fließenden Gewässern fortgeleitet und an anderen Orten wieder abgesetzt werden, so entstehen daraus die mechanischen Wassergebilde oder Sedimente. Aber die Verwitterung wirkt nicht immer zugleich producirend, sondern ebenso häufig mehr zerstörend. Sie entführt durch das atmosphärische Wasser aus vielen Sandsteinen das Bindemittel, gewöhnlich Thon oder Kalk, und der fallende Regen reißt die von einander abgelösten Sandkörner hinunter. Viele ältere aus Sand- und Kalksteinen aufgeführte Gebäude zeigen uns an den verschiedenen Baustücken die mannigfaltigen Grade oft sehr deutlich, in welchen ein und dasselbe Gestein verwittert, und erklären leicht die Processe, denen der Erdball im Großen seit Jahrtausenden ausgesetzt war. Besonders stark ist die Verwitterung in Flußthälern, welche durch Sandsteine gehen, weil der beständig vom Fluß aufsteigende Wasserdunst die Atmosphäre des Thales reichlich mit Wasser versorgt. Es können auf solche Art anfangs sehr enge Thäler nach und nach erweitert werden, und es kann der Sandgehalt vieler Flüsse von solchen Verhältnissen herrühren. Vielleicht finden ähnliche Umstände beim Erhöhen des Nilthales mit statt, doch können dieselben hier weniger einflußreich als an andern Orten sein, weil die Atmosphäre Aegyptens nur sehr wenige Wasserdünste enthält und der beständige Nordwind alle südwärts mit sich fortführt; daher es auch in Ober-Aegypten fast nie regnet [5]) und die einzige Erquickung des Bodens durch das Austreten des Niles möglich wird.

Aus dem Verwitterungsvermögen erklären sich übrigens viele anscheinend höchst wunderbare Erscheinungen an Gebirgen in der Gegenwart. So leitet man z. B. die kesselförmigen Vertiefungen in den Graniten, welche an manchen Orten, z. B. auch auf der Roßtrappe, wo sie die Sage dem Fußtritte eines Riesenpferdes zuschreibt, bemerkt werden, von gleichen Veranlassungen her. Aehnliche aber größere Kessel sieht man in Graniten Westenglands, in Cornwallis und Devonshire, und das Volk betrachtet sie hier als künstliche Bassins aus grauer Vorzeit, worin die Druiden ihre Opfer den Göttern darbrachten. Geologisch merkwürdiger sind die schwankenden Steine derselben Gegenden; sie bestehen aus einzelnstehenden Granitsäulen, auf deren Spitzen kugelförmige Blöcke liegen, welche

---

5) Ein Regen in Ober-Aegypten galt schon im Alterthume für ein Wunder der seltensten Art, wie Herodot (L. 3. c. 10.) berichtet.

leicht in Bewegung versetzt werden können und bei starken Stürmen hin und her schwanken. Ihren Ursprung verdanken diese Säulen dem eigenthümlichen Vermögen aller krystallinischen und derben Gesteine, nach gewissen Richtungen Spalten zu reißen und dadurch in einzelne Stücke sich zu sondern [6]). In diese Spalten dringt die Atmosphäre, wirkt verwitternd auf ihre Wände, schleift dadurch Kanten und Ecken der Blöcke ab und giebt ihnen ein mehr kugelförmiges Ansehn. Solche Blöcke ruhen dann oft nur noch auf einer kleinen Fläche, und da die Unterlage ebenso abgerundet ist, wie der Block selbst, so schwanken sie auf ihr hin und her, wenn äußere Gewalten sie treiben, bis ein zu heftig einwirkender Stoß endlich den Block herunterschleudert.

Das eben besprochene Spaltungsvermögen aller krystallinischen und derben Gesteine giebt übrigens noch auf eine andere Weise zur Zerstörung der Felswände Veranlassung, und wirkt ähnlich wie die schieferige Textur der erdigen Schichten. Hiezu bietet wieder das Wasser die Hand, indem es sich in die Spalten, Klüfte und Schieferungsebenen eindrängt und daselbst, zumal in den engsten, durch die Kapillaranziehung [7]) festgehalten, stehen bleibt. Hier kann es nun auch auslaugend und auflösend thätig sein, ganz besonders aber mechanisch eine Veränderung der Gesteine beim Eintreten starker Temperaturunterschiede bewirken. Zwar ändern alle Materien ihre Ausdehnung beim Wechsel der Temperatur; sie ziehen sich zusammen, wenn die Wärme abnimmt, und dehnen sich wieder aus, wenn sie zunimmt; allein das Wasser hat die merkwürdige Eigenschaft [8]), seine größte Schwere und Dichtigkeit schon bei 3° Reaum. vor dem Gefrieren zu erhalten, mithin beim Festwerden wieder einen größeren Raum einzunehmen, als vorher, wie es flüssig war. Während also die benachbarten festen Stoffe bei Zunahme von Kälte sich immer mehr verkleinern, dehnt sich das Wasser stärker

---

6) Die Spaltenbildung der Gesteine befolgt entweder keine bestimmte Richtung, und heißt dann Zerklüftung; oder die Spalten nehmen bestimmte Richtungen an, in denen sie sich schneiden oder parallel laufen, je nachdem eine, zwei oder mehrere Richtungen vorkommen. Diese Erscheinung nennt man Absonderung. Sie bewirkt an den Gesteinen gleichartig geformte Theil- oder Bruchstücke, welche man nicht für Krystalle halten darf, mit denen sie oft große Aehnlichkeit haben. Auch kugelige Absonderungsflächen kommen vor.

7) Kapillarität nennt man das Vermögen aller Flüssigkeiten, an den Wänden sehr enger Röhren oder Spalten fester Materien sich anhängen und in diesen gegen die Richtung der Schwere um so mehr aufwärts steigen zu können, je enger die Lücken sind. Das Einsaugungsvermögen aller schwammigen Stoffe beruht auf der Kapillarität oder Haarröhrchenanziehung. Aber nicht bloß sie sind porös, sondern auch die meisten krystallinischen oder derben Gebirgssteine haben feine, dem bloßen Auge unsichtbare Lücken, worin das Wasser eindringt und den Verwitterungsproceß um so schneller zu Stande bringt. Nur die glasförmigen Substanzen scheinen der Poren ganz zu entbehren.

8) Vergl. über analoge Erscheinungen bei einigen anderen Körpern die Abhandlung von Düvernoy in Leonh. und Bronn n. Jahrb. 1852. S. 781.

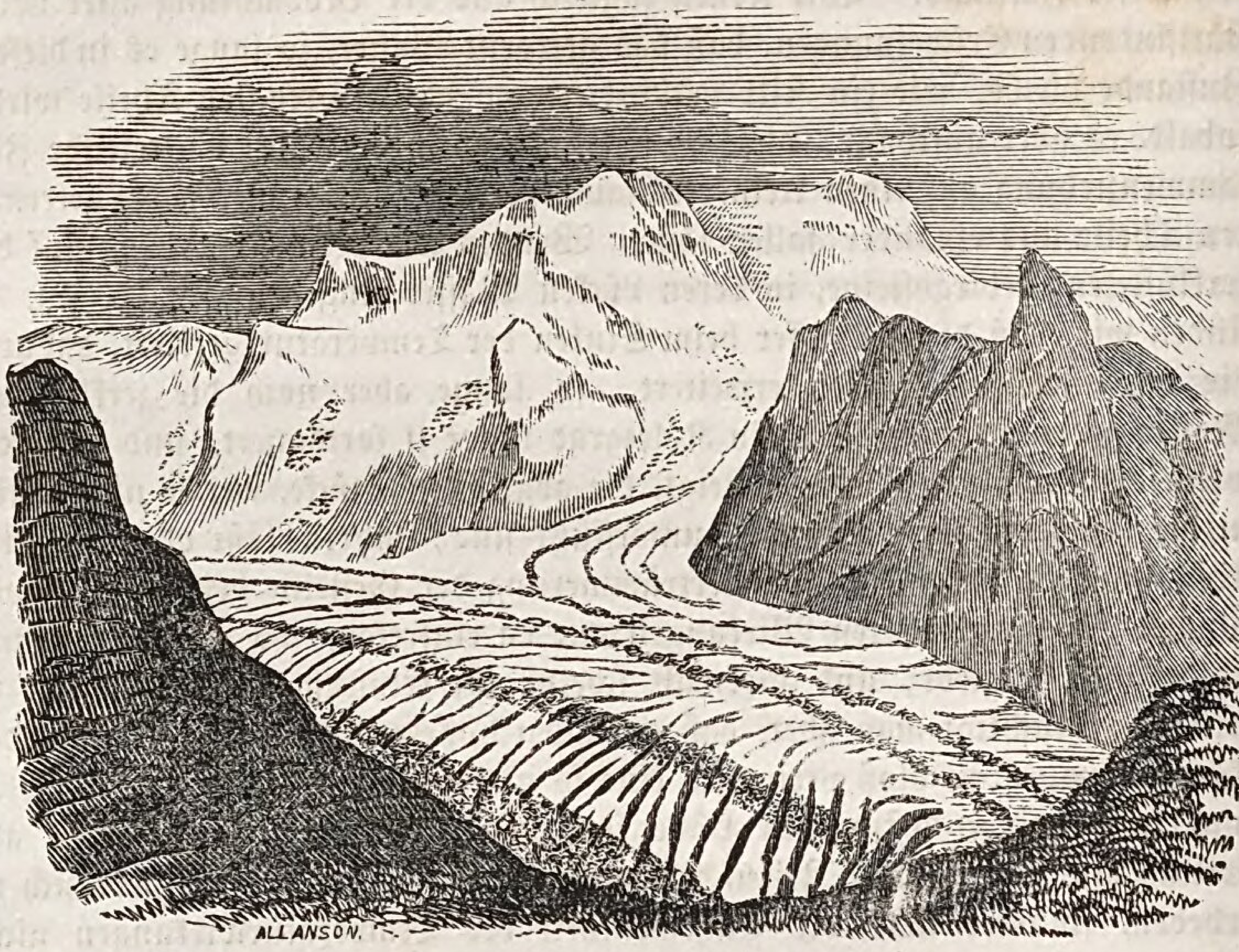
aus, wenn es Eis wird, und sprengt dadurch seine Umgebung, wenn dieselbe keine Nachgiebigkeit besitzt. Das alltäglich im Winter vorkommende Beispiel durch Gefrieren zersprungener Wasserflaschen zeugt für die Richtigkeit dieses Factums. Wir lernen zugleich aus der Beobachtung aller dabei stattfindenden Erscheinungen, daß das gefrorne Wasser, so lange es in diesem Zustande bleibt, wie ein Kitt verbindend auf die zersprengten Theile wirkt, sobald es aber aufthaut, diese Einwirkung durch die dabei eintretende Zusammenziehung auf einen kleineren Raum verliert, und nun erst die getrennten Theile aus einander fallen läßt. Wenden wir diese Erfahrung auf die zerklüfteten Gebirgssteine, in deren Lücken Wasser eingedrungen ist, an, so finden wir, daß dieses Wasser beim Sinken der Temperatur gefriert, dadurch die vorhandenen Spalten erweitert, so lange aber noch die zerklüfteten Massen zusammenhält, als ein Kältegrad unter 0 fortdauert, und hernach, wenn die Temperatur über 0 steigt, die abgelösten Stücke, welche nicht mehr in der Richtung ihrer Schwere unterstützt sind, fahren läßt oder herunter stößt, mithin wesentlich zur Zertrümmerung der Gesteine beiträgt. Zwar können die angedeuteten Wirkungen nur da eintreten, wo es Temperaturgrade unter 0 giebt, und hiernach scheint ihr Einfluß ein beschränkter zu sein; berücksichtigt man aber, daß auf allen höheren Gebirgen, selbst in der Tropenzone, nicht bloß periodisch eine so niedrige Temperatur sich einstellt, sondern in einer bestimmten Höhe fortdauernd anhält, ohne anders als örtlich und auf gewisse Zeiten über den Gefrierpunkt des Wassers sich zu erheben, so wird man die Allgemeinheit der Temperaturwirkungen nicht mehr verkennen. Oberhalb einer constanten Grenze, welche man die Schneelinie genannt hat, tragen solche Gebirge nur Eis oder Schnee, und senken ihn an einzelnen Stellen sogar weit unter die Schneelinie hinab, die als Gletscher bekannten Eisfelder daraus bildend. Ihre Anwesenheit ist für die Veränderungen der benachbarten Gebirgsgipfel von größter Wichtigkeit und bedarf um so mehr der weiteren Berücksichtigung, als Gletscher in früheren Perioden der Erdumwälzungen eine sehr große Rolle gespielt zu haben scheinen. Wir werden deshalb die Gletscher selbst näher kennen zu lernen suchen.

Gletscher [9]) sind also Eismassen, welche von den Spitzen der Berge herabkommen, die obersten Thalenden erfüllen und sich geraume Strecken im Thale hinziehn, während die benachbarten Thalwände schon längst vom Eise befreit erscheinen. Ihren Ursprung nehmen sie aus dem Schnee des Hochgebirges, mit dem sie auch oben in ununterbrochener Verbindung stehn, und eben deshalb hier noch ein lockeres Gefüge besitzen. Aber die Schnee-

---

9) Vortreffliche Arbeiten über sie lieferte Louis Agassiz in seinen Untersuchungen über die Gletscher. Solothurn 1841. 8. mit Atlas in Folio; und seinem mit Guyot und Desor bearbeiteten Système glaciaire etc. Paris 1847. 8. Atl. in Fol.

flocken thauen im Sommer unter dem Einfluß der steiler auffallenden Sonnenstrahlen äußerlich an, runden sich dabei ab, saugen das Wasser ein,



Oberer Theil des Zermatt-Gletschers, im Hintergrunde das Breithorn, links im Vordergrunde das Riffelhorn.

oder lassen es in die Tiefe hinabträufeln, bis es die Lücken zwischen ihnen ausgefüllt hat und wieder Eis geworden ist; was bald der Fall sein muß, weil die Wirkung der Sonnenwärme eben nicht weit in die Schneeschicht eindringen kann. Durch diesen Proceß entsteht aus ihr der körnige Firn. Schreitet später das Abthauen des Schnees und das darauf folgende nächtliche Gefrieren des Wassers noch weiter vor, so verwandelt sich der Firn in festes Eis, und der Gletscher wird allmälig zu krystallhellen, anfangs noch blasenreichen, später ganz homogenen Eismassen von azurblauer Farbe. Die Art, wie der Gletscher sich nach und nach gestaltet hat, ist zugleich Ursache seiner fortschreitenden Bewegung; sie veranlaßt ihn, thalwärts vorzurücken, wobei er natürlich in eine Gegend gelangt, deren gesteigerte Temperatur seinem Bestehen hinderlich wird; er muß wieder abschmelzen und Wasser erzeugen, das alsbald in zahlreichen Bächen, gewöhnlich aus weiten Mündungen, sogenannten Gletscherthoren, unter ihm hervorrieselt. Die Bewegung des Gletschers wird übrigens durch das Gefrieren des Wassers bewirkt, welches von der Oberfläche abthauend in die Lücken des Firns eindringt und dabei sich ausdehnt, mithin seine Umgebung nach

allen, doch zumeist nach denjenigen Seiten vorwärts schiebt, wo es den geringsten Widerstand findet; sie wird aber noch unterstützt durch die Neigung der Bergflächen, auf welchen die Gletscher ruhen und durch tiefe Querrisse, Schründe genannt, in welche alle Gletscher mehr oder weniger leicht sich theilen, je nachdem sie von mehr oder weniger abschüssigen und unebenen Unterlagen getragen werden. In diese Schründe dringt ebenfalls Wasser und gelangt aus ihnen seitlich in zahlreiche feine Haarspalten, welche das ganze Gletschereis durchsetzen, und sich mit Wasser füllen, sobald ihnen solches zugänglich wird. Die Ausdehnung des hier wieder gefrierenden Wassers verursacht auch einen Theil der allgemeinen Gletscherbewegung thalabwärts, welche natürlich durch die Neigung des Gletscherbodens und den Mangel eines Widerstandes am untern Ende des Gletschers als die einzig mögliche gegeben ist. Sorgfältige Beobachtungen bestätigen diese Vorstellung und fügen hinzu, daß das Fortschreiten des Gletschers an seinen Seitenrändern langsamer geht, weil das Abthauen des Eises in der Umgebung aller fremden Massen durch die leichtere Erwärmung derselben beschleunigt wird, mithin weniger Eis übrig bleibt, als in der Mitte, wo ganz besonders in den sehr zahlreichen Haarspalten das Gefrieren des Wassers zu Eis die stärkere Ausdehnung der Gesammtmasse erzeugt. Je dicker ein Gletscher ist, um so mehr Wasser kann er aufnehmen, um so stärker sich ausdehnen, wenn es Eis wird [10]).

Die Gletscherbildung in den Hochgebirgen wirkt nun in mehrfacher Beziehung auf die Veränderung der Gebirgskämme ein, und zwar im Allgemeinen zerstörend. Zuerst sprengen die tieferen Temperaturgrade, welche durch die Nähe so großer Eismassen unterstützt werden, mittels des in die Spalten der Gesteine eingedrungenen Wassers die Thalwände, und veranlassen ein beständiges Herabfallen der Gebirgsbruchstücke auf den Gletscher. Rückt nun der Gletscher vorwärts, so gehen die abgefallenen Bruchstücke mit ihm, und beschreiben von der Ursprungsstelle her eine Linie auf dem Gletscher, welche bis an's Ende desselben reicht, und den Namen Gufferlinie führt, so lange sie auf seiner Fläche bleibt. Weil aber die Felsbruchstücke nur von freien Felswänden herabfallen können, so entstehen mittlere Gufferlinien bloß an Orten, wo zwei oben getrennte Gletscher sich vereinigen; alle Trümmer, welche der Gletscher von beiden Seiten empfängt, bleiben auf seinem Rande liegen und werden in derselben Lage von ihm weiter geschafft. Diese Trümmerlinien nennt man Gandecken. Der gemeinsame Name für beide Felsblockreihen ist übrigens Morainen, wobei man die einzelnen je nach ihrer Vertheilung über den Gletscher als Mittel-Morainen, Seiten- oder Rand-Morainen und End-Morai-

---

10) Die Ansichten von Agassiz und Forbes stehen sich in diesem Punkte entgegen; ich glaube, nach Einsicht des Système glaciaire, mich jetzt für die des Ersteren entscheiden zu müssen.

nen unterscheidet. In solcher Art führen die Gletscher Bruchstücke der Gebirge aus den höchsten Regionen in die Tiefe hinab, und häufen an ihrem Ende mit der Zeit Steindämme auf, welche nur zufällig vermehrte Kräfte, wie sie aufgestaute Wassermassen erlangen, in die Ebene führen können. Wir haben hiervon oben bei Schilderung durchbrechender Seen ein Beispiel kennen gelernt, und könnten diese Thatsache durch neue Belege noch mehr bestätigen, wenn es unsere Absicht wäre, alle einzelnen Beispiele für aufgestellte Behauptungen ausführlicher zu erörtern. Wir gehen aus demselben Grunde nicht weiter in die Untersuchung der fortschaffenden Wirkungen des Gletschereises ein, sondern berühren nur noch eine zweite merkwürdige Erscheinung, welche mit dem Fortschreiten desselben verbunden ist. Das sind die abgeschliffenen, polirten Felswände und Kuppen, welche man in vielen Thälern als Wirkungen der Gletscher beobachtet hat, als Producte der Reibung des Gletschers mittelst seiner rauhen, sandigen Grundfläche gegen die Gesteine des Thalbodens und der Wände während seiner langsamen Bewegung. Man trifft polirte Stellen heutigen Tages in vielen Thälern an, wo keine Gletscher mehr stehen, und schließt daraus mit einigem Recht auf ihre frühere Anwesenheit. Ganz allgemein ist indeß dieser Schluß nicht erlaubt, da auch fallende Gießbäche, welche Gerölle mit sich fortführen, abschleifend auf ihre Seitenwände und Unterlagen wirken, mithin dieselben Erscheinungen, wie Gletscher hervorbringen. Auch der bloße Wasserstrom kann, wenn er längere Zeit mit großer Gewalt durch einen engen Ausgang getrieben wird, abschleifen, und nach und nach die Stellen, welche er berührt, sogar etwas aushöhlen. Vermehrt würde übrigens auch in diesem Falle die Wirkung und beschleunigt, wenn der Strom Gerölle triebe und damit die Wände des Engpasses abschliffe. Auf die Möglichkeit eines solchen Verhältnisses hat zuerst L. v. Buch hingewiesen, indem er die merkwürdigen Vertiefungen erklärte, welche im Thale der Salza bei Golling, oberhalb Salzburg, 150 Fuß über dem jetzigen Wasserspiegel an den Felswänden vorkommen, und aus mehreren parallel übereinander fortlaufenden Löcherreihen bestehen, die der Fluß, als er einstens in dieser Höhe stand, auswusch. —

Gefrorne Wassermassen von beständiger Dauer giebt es aber nicht bloß auf den höchsten Punkten derjenigen Gebirge, welche die Schneelinie überragen, sondern auch an den Polen unseres Planeten. Hier sind sie unter dem Namen Polareis ebenso allgemein bekannt, wie die Gletscher in den Alpen, erreichen aber einen bei weitem größeren Umfang, indem sie am Nordpol zwischen 70° und 80°, aber am Südpol schon zwischen 60° und 70° beginnen, weiterhin immer dichter werden und gleich mächtigen Felsen die ganze Fläche des Polarmeeres bedecken. Auch diese Eismassen sind Gletscher, welche vielleicht von Inseln oder noch unbekannten Polarländern ausgehen, nach und nach vorschreitend das Meer erreichen, und wenn sie bis zu hinreichenden Tiefen gelangt sind, vom Meere schwimmend fortge-

führt werden[11]). So kommen sie in die wärmeren Regionen, thauen hier ab und verschwinden allmälig ganz, während neue Massen von den Polen her ihnen folgen. Manche dieser Eisberge führen Gerölle und Schutt auf ihrer Oberfläche mit sich, ja ungeheure Felsblöcke hat man in ihnen bisweilen wahrgenommen; weshalb es keinem Zweifel unterliegt, daß sie vom Lande herstammen, auf dem sie nach Art der Gletscher mit Felstrümmern sich bekleideten, oder daß sie an Küsten festsaßen, und vielleicht von dort her die Schuttmassen aufhoben. Auf solche Art können die Eisberge ihre Steindecken, wenn sie bei beträchtlicher Größe nur langsam abthauen, in ferne Gegenden bringen, indem sie daselbst auf den Strand gerathen und zerfließen, ihre Beischlüsse allein zurücklassend; wie es namentlich in Nord-Amerika an der Mündung des Lorenzo eine bekannte, sich jährlich wiederholende Erscheinung ist. Diese Erfahrung hat für uns eine sehr große Wichtigkeit, denn sie erklärt am besten die Verbreitung von Felstrümmern über Gegenden, welche vormals nachweislich Meeresboden waren, und gegenwärtig nicht mehr mit den Gebirgen in Berührung stehen, von denen die Trümmer herstammen. Solche zerstreute Felstrümmer werden erratische oder Findlings-Blöcke genannt; sie finden sich sehr häufig in der ganzen norddeutschen Ebene bis nach Polen und Rußland hinein, und scheinen von den Gebirgen Skandinaviens oder Finlands herzurühren, da sie ihrer Beschaffenheit nach ganz mit den dort anstehenden Gesteinen übereinstimmen. In ähnlicher Weise finden sich erratische Blöcke auf den Höhen des Jura, die ursprünglich Bestandtheile der gegenüberliegenden Alpenkette waren. Giebt man nun zu, daß Norddeutschland noch Meeresboden war, als auch die flacheren Küstengebiete des nördlichen Schwedens unter dem Wasserspiegel sich befanden, so flutheten die auf den Höhen des Kjölengebirges entstandenen Eismassen ungehindert über die damals weit nach Süden ausgedehnte Ostsee fort, und verloren, je weiter sie südlich vordrangen, die ihnen anhängenden Felsentrümmer, welche natürlich zu Boden fielen und den damaligen Seegrund bedeckten. Ganz ähnlich hat man sich das heutige Thal der Aar und ihrer Nebenflüsse bis zum Genfersee als einen tiefen Meerbusen zu denken, auf dem die Gletscher des Montblanc und des Berner Hochlandes umhertrieben, bis sie am gegenüber liegenden Jura strandeten und hier ihre Morainen absetzten; wenn man nicht annehmen will, daß das ganze Gebiet zwischen beiden Höhen von einem großen zusammenhängenden Gletscher bedeckt wurde, der später abschmolz

11) Da das gefrorene Wasser, wie Seite 44 bemerkt wurde, einen größeren Raum einnimmt, als dieselbe Quantität flüssiges, so ist natürlich jedes Stück Eis leichter als eine ebenso große Masse noch tropfbaren Wassers; weshalb alle Eismassen auf dem flüssig gebliebenen Wasser schwimmen, wenn dasselbe tief genug ist, um ihnen an Umfang gleich zu kommen. Ist das nicht der Fall, so stößt das Eis auf den Grund, und steht so lange fest, bis durch das Abthauen das Gleichgewicht des Umfanges zwischen ihm und dem tropfbaren Wasser hergestellt ist.

und jene Felsentrümmer als Denksäulen seiner Größe zurückließ [12]). Welche von beiden Annahmen die richtige ist, lassen wir dahingestellt sein, auf jeden Fall aber rühren erratische Blöcke von Eismassen her, die sie trugen und da niedersetzten, wo wir sie gegenwärtig finden. Ist dies ermittelt, wie man jetzt allgemein zugiebt, so wird sich ihr Ursprung aus der Uebereinstimmung ihres Materials mit noch anstehenden Gebirgssteinen erkennen und daraus bald nachweisen lassen, ob die erratischen Blöcke von Süden oder Norden, von Osten oder Westen herbeigeführt wurden. Nach dieser Entscheidung müssen andere Untersuchungen darthun, ob es auf dem Lande ruhende Gletscher, oder schwimmende Eisberge waren, welche die Findlinge fortschafften.

Wir haben mit diesen Betrachtungen so ziemlich den Kreis der Wirkungen erschöpft, welche das Wasser in den verschiedenen Formen seines Vorkommens an der Oberfläche der Erde auf die festen Gesteine auszuüben im Stande ist, und dürfen als das Endresultat unserer Untersuchungen wohl unfehlbar bekennen, daß die noch jetzt wahrnehmbaren Wirkungen nicht ausreichen, die Entstehung aller festen Massen aus dem Wasser zu erklären. Haben wir uns gleich überzeugt, daß die erdigen Schichten, daß selbst viele krystallinische und derbe Gesteine als Niederschläge oder Absätze des Wassers, je nach ihrer Beschaffenheit, angesehen werden können, so äußerte doch auf andere krystallinische und derbe Massen das Wasser bloß eine theilweis verändernde Einwirkung, und war unfähig, sie ganz aufzulösen. Deshalb können aber auch diese Massen keine Niederschläge oder chemische Ausscheidungen des Wassers sein, und ihren Bildungsproceß zu erklären, dazu reicht die Einwirkung des Wassers auf sie nicht hin. Ueberhaupt ergab sich uns eine in jeder Beziehung mehr zerstörende als hervorbringende Thätigkeit der heutigen Gewässer, und wenn wir nach den mitgetheilten Thatsachen auch die Möglichkeit zahlreicher, selbst großartiger Umwälzungen auf der Erdoberfläche, die das Wasser veranlaßte und ausführte, nicht leugnen können, so sind wir doch ebensowenig im Stande, aus der heutigen Thätigkeit der Gewässer alle Bildungsverhältnisse des Erdkörpers, so weit wir ihn kennen, zu erklären.

4.

Wirkungen des Feuers. — Wesen desselben. — Qualitätszustände der Materie überhaupt. — Eigenschaften der vulkanischen Auswurfsmassen.

Mit Recht sehen wir uns daher nach Agenten um, die einflußreicher sind, als das Wasser, und stoßen in diesem Bemühen zunächst auf das

12) Man vergleiche die populäre Darstellung von Escher v. d. Linth mit einer Charte, welche die Vertheilung der Trümmer sehr anschaulich macht. Zürich 1852. 4.

Feuer, das gemeinsame Lösungsmittel der Metalle, und schon deshalb auch auf andere Materien gewiß nicht ohne allen Einfluß. Ehe wir jedoch die Einwirkungen dieses Elementes näher untersuchen, ist es nöthig, von seinem wahren Wesen uns eine richtige Vorstellung zu verschaffen.

Die Ansicht, daß das Feuer ein Element oder wohl gar eine Materie sei, stammt aus dem Alterthume her, und hat ihren Grund in der Lehre einiger alten Philosophen, die Feuer, Wasser, Luft und Erde als die Grundbestandtheile aller Dinge betrachteten und ihnen deshalb den Namen Elemente beilegten. Allein eine spätere genauere Untersuchung lehrte uns, daß Wasser, Luft und Erde gar keine einfachen Stoffe sind, sondern wenigstens aus zwei Bestandtheilen bestehen, die sich innig mit einander mischen oder verbinden. Das Feuer entzog sich, seiner wesentlichen Natur nach, länger unserer Wißbegierde, und wurde erst sehr spät dahin erkannt, daß es an und für sich gar kein Stoff ist, sondern eine bloße Erscheinung, die bei den Verbindungen gewisser Materien unter sich, namentlich des Sauerstoffs mit andern einfachen Stoffen, sichtbar wird. Die Erscheinung dessen, was wir Feuer nennen, schließt aber zwei Eigenschaften in sich, Wärme oder Hitze und Licht. Eine nähere Untersuchung des Phänomens zeigt bald, daß das Licht wieder in zwei Gestalten auftritt, nämlich als Flamme und als Glühen, während die Wärme zwar in sehr verschiedenen Graden sich zu erkennen giebt, sonst aber keine Unterschiede darbietet. Was jene Differenz des Lichtes betrifft, so hängt sie von der Materie ab, an der die Feuererscheinung eintritt; denn Flammen kommen nur bei Substanzen vor, die im Moment ihrer Verbindung mit dem Sauerstoff luft- oder gasförmig werden, während der glühende Körper auch dabei noch ein fester oder tropfbar flüssiger bleibt. Wenn aber ein Körper irgend einer Qualität glüht oder flammend leuchtet, so entwickelt er Wärme; weshalb alle Verbindungen von Sauerstoff mit anderen einfachen Stoffen, oder wie man auch sagen kann, alle Verbrennungsprocesse, nicht ohne Entbindung gewisser Wärmegrade eintreten.

Dies festgehalten, ist also die Wärme das nothwendige Produkt aller der Erscheinungen, welche mit Feuerentwickelung verbunden sind, und aus diesem Grunde werden wir, indem wir die Wirkungen der Wärme auf die verschiedenen Materien untersuchen, auch ihre Beziehungen zum Feuer am besten erfahren. Eine solche Untersuchung kann hier nur in Mittheilung der Resultate angestellt werden, die dahin lauten, daß die Wärme auf alle Materien gleichmäßig wirkt, d. h. dieselben mehr und mehr ausdehnt, je mehr sie zunimmt. Eine jede Wärmezunahme bewirkt also in der Materie [1]) eine zunehmende Ausdehnung, welche indeß nicht überall gleichartig

1) Wir erinnern unsere Leser noch einmal an die Anomalie des Wassers, insofern dasselbe dem allgemeinen Gesetze erst von 3° Reaum. über dem Gefrierpunkte an Folge leistet, unter dieser Temperatur erkaltet, aber sich ebenfalls mehr und mehr ausdehnt, bis es fest wird. Siehe S. 44.

ist, sondern bei dem einen Stoff schneller, bei dem andern langsamer eine größere Wirkung hervorbringt. Darauf beruhen die Eigenschaften der Materie, welche wir als fest, flüssig oder flüchtig (d. h. gas-, luft- oder dampfförmig) unterscheiden und Qualitätszustände nennen. Die Materie kann also, wenn sie bei einem gewissen Wärmegrade oder einer bestimmten Temperatur, was ebensoviel heißt, fest ist, bei einer höheren flüssig, und bei einer noch höheren dampfförmig werden, eine Behauptung, welche z. B. am Wasser durch die bloße Beobachtung desselben im Winter, im Sommer und im Kochen erläutert wird. Im Winter ist es fest, oder Eis, bei einer Temperatur unter 0°; im Sommer ist es flüssig, und bei einer künstlich bis auf + 80° Reaum. vermehrten Hitze kocht es und verwandelt sich in Dampf [2]). Eben diese Fähigkeit besitzen aber auch viele andere Materien, wenn gleich die Eis- und Siedepunkte nicht so dicht neben einander liegen; doch können wir bei manchen Metallen noch die Grenzen des festen, flüssigen und flüchtigen Zustandes ziemlich leicht wahrnehmen, wie z. B. beim Quecksilber, das bei — 32° Reaum. (eine Temperatur, die in Sibirien nicht selten vorkommt) fest wird, bei der gewöhnlichen Temperatur flüssig ist, und bei + 280° Reaum. kocht und Dämpfe entwickelt. —

Wenn diese Behauptung in ihrem ganzen Umfange richtig ist, so müssen alle Materien unseres Erdkörpers durch gesteigerte Temperaturgrade flüssig werden können, und wenn die Temperaturzunahme noch fortdauert, selbst dampfförmig oder flüchtig. Da jedoch der Hitzgrad, mit welchem es geschieht, bei den verschiedenen Stoffen großen Abweichungen unterliegt, so werden manche Stoffe schon flüssig sein, während andere noch fest sind, und wieder andere sogar flüchtig; wie es die Vergleichung des Wassers mit dem Quecksilber schon zeigt, und mit der atmosphärischen Luft. Letztere ist dampfförmig, wenn Wasser und Quecksilber fest werden, und jenes, das Wasser, wird schon fest, während das Quecksilber noch flüssig ist. —

Diese kurze Betrachtung ist in der That schon viel fruchtbarer für die Erklärung der Erdbildung, als alle vorherigen Untersuchungen über die Einwirkung der Gewässer; denn wir werden, wenn wir im Stande sind, hohe Hitzgrade im Erdkörper nachzuweisen, wenigstens ihn als einen vormals aus flüssigen oder sogar flüchtigen Materien bestehenden Körper uns denken können.

Kaum brauche ich meine Leser durch Nennung der noch jetzt an sehr

---

2) Hier scheint uns die Bemerkung am Orte zu sein, daß Wasser nicht bloß bei gesteigerter Temperatur luftförmig wird und Dampf bildet, sondern bei jeder anderen ebenfalls. Wasserdampf bei niedriger Temperatur heißt Dunst, und ist nicht eher sichtbar, als bis er in Bläschenform sich gesammelt hat (z. B. im Nebel, in den Wolken). Die Eigenschaft, bei jeder Temperatur langsam verdunsten zu können, kommt allen flüssigen und vielen festen Materien, namentlich den riechenden zu, z. B. Moschus, Campher u. a. m.

vielen Stellen der Erdoberfläche vorhandenen Vulkane oder feuerspeienden Berge daran zu erinnern, daß jene Annahme einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit für sich hat, indem die Feuerberge uns von dem Vorhandensein hoher Hitzgrade im Inneren der Erde, welche bis zum Schmelzen vieler Materien sich steigern, überzeugen. Aus ihren offenen Schlünden oder Kratern werden unter Umständen und in unbestimmten Perioden geschmolzene Massen hervorgeschleudert, oder fließen gleich glühenden Strömen am Berge herab, erkalten mit der Zeit und bilden neue Erdschichten 3), welche mit dem allgemeinen Namen der Lavaströme bezeichnet werden. Eine nähere Untersuchung der Laven zeigt aber eine Beschaffenheit, ganz auffallend verwandt mit dem krystallinischen oder derben Gefüge solcher Gesteine, welche wir als unauflöslich im Wasser früher kennen gelernt haben, und da wir in den Laven bei sorgfältiger Prüfung allmälig fast alle die Mineralien entdecken, welche auch an andern Stellen der Erde als constituirende Bestandtheile auftreten, so dürfen wir wohl annehmen, daß auch sie durch hohe Hitzgrade schmelzbar sein werden. In den erkalteten Laven finden sich ferner eine Menge von Fossilien krystallinisch abgesondert oder als vollständige Krystalle, welche ganz ebenso in den bereits erwähnten Basalten, Porphyren, Graniten, Syeniten und Grünsteinen vorkommen oder Hauptbestandtheile derselben ausmachen; ja was noch viel interessanter ist, es stecken in ihnen auch solche Mineralien, welche, wie die Granate, Leuzite, Zeolithe, Epidote, Schörle, Korunde und Zirkone, nur sehr vereinzelt an gewissen Stellen in jenen weit verbreiteten Gebirgssteinen angetroffen und darnach von den Mineralogen mit dem Namen der eingesprengten Mineralien bezeichnet werden. Manche dieser Fossilien gehören zu den härtesten Stoffen, ja fast nie ist es dem Wasser im Geringsten möglich, sie auflösend zu zersetzen oder zu zerstören, also noch viel weniger sie als krystallinischen Niederschlag zu bilden. Selbst die Masse, welche sie umschließt, kann kein Sediment sein, weil in diesem Falle die eingesprengten Stoffe schichtweise abgesetzt, oder je nach ihrer Schwere durch die Grundmaterie vertheilt sein müßten, was bei Laven nicht der Fall ist; vielmehr bietet die bunte Mischung, in welcher Einsprenglinge bisweilen von den Auswurfsmassen eines einzigen Vulkanes umschlossen werden, einem eifrigen Sammler die beste Gelegenheit dar, in kurzer Zeit aus ihnen Handstücke von den meisten steinigen Mineralien zu gewinnen. —

Endlich giebt auch die Art und Weise, wie erkaltende Lavaströme sich absetzen, sehr genügende Aufschlüsse über die Formunterschiede der Materien, welche wir durch die Ausdrücke krystallinisch und derb schon früher unterschieden haben, und über die Ursachen der Zerklüftung oder Absonderung, welche bei krystallisirten wie derben Gesteinen vor-

3) Nach E. de Beaumont stehen fließende Laven erst still und breiten sich aus, wenn die Neigung ihres Bodens 3° oder weniger beträgt.

kommen; sie zeigt uns, daß eine und dieselbe Substanz diese oder jene Form annehmen kann, je nachdem sie beim Austreten aus dem Vulkan beschaffen ist, und je nach der Schnelligkeit, mit welcher sie erkaltet. Verfolgen wir dies weiter, indem wir zunächst die hauptsächlichsten Verschiedenheiten untersuchen, welche an den Laven bemerkt werden.

Ich darf wohl annehmen, daß alle meine Leser die leichte, lockere, poröse, einem festgewordenen Schaum ähnliche Masse kennen, welche den Namen Bimsstein führt und in manchen Handwerken eine technische Anwendung findet. Sie ist eine gewöhnliche Auswurfsmasse vieler Vulkane und weist, wo sie sich findet, auf die Anwesenheit von vormals thätigen Vulkanen hin, wenn jetzt thätige in ihrer Nähe fehlen. Diese Substanz geht aber in demselben Lavastrom, der sie enthält, nach und nach dichter werdend so allmälig in den Obsidian über, daß sich beide deutlich als eine und dieselbe Materie zu erkennen geben, welche bloß in zwei verschiedenen Zuständen sich befindet. Der Obsidian ist nämlich eine homogene, schwarze, gelbgraue oder bräunliche Masse, welche täuschend dem reinen festen Pech ähnlich sieht, auch ganz so wie dieses schalig oder muschelartig zerspringt, wenn man daran schlägt, mithin keine krystallinische, sondern eine glasförmige oder amorphe[4]), Struktur hat. Weitere genaue Analysen zeigen, daß beide, Obsidian und Bimsstein, aus Kieselerde mit Thonerde und etwas Alkali bestehen, also auch in ihrer Mischung einem Glasflusse ähneln, mit dem ihre äußere Erscheinung so sehr übereinstimmt. Nun weiß Jedermann, wie das Glas durch Zusammenschmelzen der Kieselerde mit einem Alkali, Kali oder Natron und etwas Kalkerde entsteht, und wie geringe Zusätze von Metalloxyden dem Glase eine schöne Farbe geben; es wäre also der Obsidian als ein Glasfluß zu betrachten, in dem die strenger flüssige Thonerde die Rolle mit dem Alkali theilt, der zugleich durch ein Metalloxyd, hier Eisenoxyd, schwarz gefärbt ist, und dessen Beschaffenheit, ob er homogenen Obsidian oder schaumigen Bimsstein darstellt, wohl ohne Zweifel von aufsteigenden luftförmigen Stoffen oder Gasen herrühren wird, welche dem Bimsstein sein schaumiges Ansehen ertheilten, dem homogenen Obsidian aber fehlen. Auch in unserem künstlichen Glase finden sich ja Luftblasen, wenn es ohne große Sorgfalt angefertigt wird, und ihre Anzahl mehrt sich, wenn die flüssige Glasmasse in Bewegung geräth, sei es, daß man sie schlägt, oder von oben etwas in dieselbe schüttet; diese Luftblasen bleiben, wenn die Flüssigkeit erkaltet, drängen sich aber stets nach oben, so weit es die Zähigkeit der Masse zugiebt. Bimsstein zeigt also auf eine bewegte, gleichsam aufkochende Lava hin und ist ein Beweis heftiger Gasentwickelung in der glühenden Masse, welche nach neueren Untersuchungen vom verdampfenden Kali herrührt, nach der

4) Man vergl. über Amorphismus die sechste Anmerkung zum 17. Abschnitt.

älteren Annahme durch Wasserdämpfe bewirkt werden sollte [5]). Auf der andern Seite geht der stark glänzende glasartige Obsidian, ohne im Geringsten seine Homogenität zu verlieren, in eine minder glänzende, emailartige Substanz über, die zugleich minder spröde ist und weniger scharfkantig oder schneidend zerspringt. Diese Substanz nimmt, bei übrigens gleicher Beschaffenheit, zwei Formen an, indem sie sich bald in kleine rundliche Stücke absondert, oder die Homogenität beibehält. Die erstere Form nennt man Perlstein, die zweite Pechstein; beide finden sich in Gesellschaft des Obsidians und Bimssteins, und in einer Weise, die keinen Zweifel läßt, daß die Substanz aller dieselbe ist, und bloß in Aeußerlichkeiten modificirt wurde. —

Während diese Auswürflinge der Vulkane oder Laven als gemeinsame und hervorstechendste Eigenthümlichkeit den amorphen Glascharakter an sich tragen und deshalb Glaslaven genannt werden: also ihrem äußeren Ansehen nach ganz den Schlacken gleichen, welche beim Ausbringen der Metalle in unseren Hochöfen aus den die Erze begleitenden Erden zusammenschmelzen; giebt es eine andere Reihe von Laven, in denen der krystallinische Charakter ihrer Bestandtheile vorherrscht. Man nennt diese Laven, zum Unterschiede von den vorigen, Steinlaven, und unterscheidet von ihnen je nach der Absonderung des Gesteins mehrere Arten. Diejenigen, deren ganze Substanz ein entschieden krystallinisches Gefüge besitzt, und aus deutlich unterscheidbaren größeren Partien ihrer Gemengtheile besteht, nennt man granitische Laven; andere, bei welchen eine mehr derbe Grundlage die krystallinischen Massen in besonderen Krystallen räumlich isolirt umgiebt, heißen Porphyrlaven; noch andere, deren derbe Substanz nur sehr feinkörnig krystallinisch und gleichmäßig gemischt ist, werden basaltische Laven genannt; wieder andere, bei welchen die krystallinischen Theilchen äußerst klein und feinkörnig werden, heißen erdige Laven. —

Beschränkt man den Begriff der Lava nicht bloß auf die noch jetzt im feurigen Fluß vor unsern Augen hervorbrechenden, oder in historischer Zeit hervorgebrochenen, ihnen ähnlichen Gesteine, sondern dehnt ihn, wie es eine wissenschaftliche Betrachtung fodert, auf alle die älteren und ältesten Eruptivgebilde aus, welche stromartig ergossen oder im geschmolzenen Zustande emporgehoben wurden, so hat die Lava einen sehr weiten Umfang und läßt sich nach ihrer chemischen Konstruktion nicht scharf von den gesammten vulkanischen Produkten sondern. Unter Umständen

5) Sorgfältige Versuche lehrten, daß sich der natürliche Feldspath durch künstliche Schmelzung in einen wahren Bimsstein verwandeln lasse, wenn das Kali daraus in Dampfform entweicht. Sobald es geschehen ist, fällt die Masse zusammen und bildet Obsidian. Man vergl. die wichtige Schrift von H. Abich, Geolog. Beobachtungen über die vulkan. Erschein. in Mittel- und Unter-Italien. Braunschw. 1841. 4. S. 62 ff.

mag jedes vulkanische Gestein sich stromartig ergießen können, und eben wenn es das gethan hat, bildet es Lava. Nach dieser Ansicht würden wir die weitere Betrachtung der Lava auf eine Schilderung aller vulkanischen Massen ausdehnen müssen, dabei aber nur einer späteren Untersuchung über die plutonischen und vulkanischen Gesteine im Zusammenhange vorgreifen; wir beschränken also unsere jetzige Mittheilung auf einige charakteristische, die historischen oder neuen Laven verrathende Bildungsverhältnisse. —

Zu einem der wichtigsten äußeren Erkennungszeichen der neuen Laven gehört die Anwesenheit von rundlichen blasenförmigen Lücken, den sogenannten Blasenräumen, in ihrer Substanz. Solche Blasen ziehen sich durch die ganze Masse der Lava hindurch, drängen sich dichter in den oberen Theilen zusammen, wechseln in ihrer Größe beträchtlich, bilden aber nie ein inniges, schaumartiges Gemisch, wie im Bimsstein. In der Regel sind die Blasenräume ganz leer und ihre Wände ohne allen Ueberzug, nur eine glänzende, mehr schlackige Oberfläche pflegt ihnen eigen zu sein; bisweilen haben sie einen anders gefärbten, staubartigen Anflug, wenn sich die ursprünglich in den Blasen enthaltenen gasförmigen Stoffe an den Wänden niederschlagen; in sehr seltenen Fällen enthalten sie zarte Krystalle, die aus der Lavamasse in den Blasenraum herausschossen. Sehr oft zeigen die Blasenräume eine mandelförmige Figur und eine schiefe, der Richtung des Stromes folgende Stellung; beides deshalb, weil die schnellere Erkaltung der Lavamasse in ihren oberen Schichten das gleichmäßige Fortschreiten des Ganzen hinderte und den tieferen, noch weichen Lagen ein Weiterrücken möglich machte, während die oberen schon standen. Der anfangs runde Blasenraum mußte dadurch schief gezogen, nach unten zugespitzt und mandelförmig ausgedehnt werden. Füllen sich solche Blasenräume vollständig mit fremden Materien, so nennt man die Felsart einen Mandelstein; besonders wenn die mandelförmigen Einsprenglinge härter sind, als das umhüllende Gestein und beim Verwittern desselben zurückbleiben. Neue Laven zeigen übrigens eine so vollständige Ausfüllung der Mandeln nicht, ihre Blasenräume sind auch in dieser Form ohne allen Inhalt.

Neben der Anwesenheit von Blasenräumen bezeichnet die neuen Laven kein anderer äußerer Charakter so sicher, als die feinkörnige, matte, derbe Beschaffenheit ihrer Substanz in der Tiefe und das stellenweis schlackenförmige, unordentlich zertrümmerte, aus in sich gewundenen und mannigfach verschobenen Schichten hervorgehende Ansehen ihrer Oberfläche. Darin aber zeigen sie keine große Gleichförmigkeit, weder zu allen Zeiten, noch an allen Punkten; es scheint, als ob die Schnelligkeit der Eruption, die Neigung des Bodens, und die leichtere oder langsamere Verflüssigungsfähigkeit des Lavamaterials auf die Form seiner Oberfläche einen noch größeren Einfluß ausübe, als auf die Beschaffenheit des erkalteten Lavagesteines in seinem Innern. Die letztere hängt offenbar von der chemischen Mischung der Bestandtheile ab und wird durch die Leichtigkeit, mit welcher

die verschiedenen Stoffe aus der Mischung aller sich zu lösen vermögen, bedingt. Ganz dasselbe gilt von der Farbe. In beiden Beziehungen scheint das Vorherrschen des Feldspaths in der Lavamasse auf der einen, oder des Augits auf der anderen Seite das hauptsächlich Bestimmende zu sein.

Die neueren Augitlaven sind entschieden die häufigeren; sie haben eine dunkle, schwarzgraue, schwarzbraune oder selbst schwarze Farbe und bestehen aus einem innigen Gemenge von Feldspath und Augit; zweien Mineralien, welche überhaupt an dem Material der festen Rinde unseres Planeten den größten Antheil nehmen. Namentlich der Feldspath, dessen schon früher (S. 42) als eines kieselsauren Doppelsalzes gedacht wurde, wie wir die Verwitterungs-Processe besprachen, ist in fast allen krystallinischen Felsarten der wichtigste und vorwiegendste Bestandtheil; ja eigentlich die Grundmaterie nicht bloß der auf feurigem Wege gebildeten pyrogenen Gebirgsgesteine, sondern selbst in seinem verwitterten Zustande als Thonerde der Stoff von vielen neptunischen Sedimenten. In den Augitlaven scheint diejenige Abart, welche wir später (im 9. Abschnitt) als Labrador näher kennen lernen müssen, vorherrschend oder allein aufzutreten. Seine Farbe ist weißlich, gewöhnlicher hellgrau oder röthlich; sein Gewicht geringer als das des Augits, nämlich 2,7. Der Augit unterscheidet sich vom Feldspath durch eine schwarzbraune oder rein schwarze Farbe, ein höheres spezifisches Gewicht (3,5) und eine andere chemische Zusammensetzung; worin besonders der völlige Mangel, oder die geringe Menge von Thonerde, bei reichlicher Anwesenheit von Kalk- und Talkerde, bezeichnend für ihn ist. Als dritter Gemengtheil tritt häufig Magneteisen, eine Verbindung von Eisenoxyd und Eisenoxydul, hinzu und verstärkt durch seine schwarze Farbe das dunkle Ansehen der Augitlaven ebenso sehr, wie ihr Gewicht (3—3,5) durch seine größere spezifische Schwere (4,9—5,2). Alle drei Stoffe bilden ein gleichförmiges, homogenes Gemenge von basaltischem Gefüge, ohne größere Ausscheidung des einen oder des anderen Bestandtheils; wenigstens ist eine solche Ausscheidung nicht Regel, wenn sie auch stellenweis eintreten kann, indem zumal das Magneteisen sich selbstständiger auszusondern pflegt; aber andere fremde Stoffe, welche sich dem Lavamaterial beigesellen und später beim Erkalten sich darin isoliren, wie es z. B. der Leuzit oder Amphigen öfters thut, geben der Lava bisweilen ein porphyrartiges Ansehen. An manchen Stellen, z. B. am See Bracciano nördlich von Rom, oder am Laacher See bei Andernach, stecken weiße Leuzitkrystalle so häufig in freilich älterer, vorhistorischer Lava, daß ihre Masse ein scheckiges Gefüge erhält. Diese Leuzite widerstehen der Verwitterung, welcher die Lava unterliegt, sie fallen heraus und bedecken überall den Boden der Gegenden, wo Leuzitlaven sich finden. An anderen Orten herrscht der Feldspath im Grundgemenge mehr vor und bedingt eine etwas hellere Farbe des Gesteins, wodurch es dem älteren Basalt oder Dolerit in Masse und Bruch so ähnlich wird, daß

seine stoffliche Identität mit diesen vorhistorischen vulkanischen Produkten kaum einem Zweifel unterliegen kann. Indeß hat die chemische Analyse im Basalt einen nie fehlenden Wassergehalt nachgewiesen und dadurch ein Mittel an die Hand gegeben, wenigstens ihn von den ganz ähnlichen Laven, den ältesten so gut wie den neuen, zu unterscheiden. Aber auf den Dolerit paßt dieser Unterschied nicht mehr, er enthält kein chemisch gebundenes Wasser, er gleicht im allgemeinen Ansehen manchen Laven völlig, und kann ohne Berücksichtigung ihrer Blasenräume und ohne Beachtung seines gröberen Korns nicht mehr in bloßen Handstücken von ihnen unterschieden werden. Gewöhnlich bilden Dolerit und Basalt die älteren äußeren Schichten im Umfange der Kegelberge, aus deren offenen Schlünden wir Lava noch jetzt hervorquellen sehen, oder an deren Abhängen wir alte Laven in stromartig ausgebreiteten Schichten wahrnehmen; ja selbst an Orten, wo Lavaströme nicht bemerkt werden, begegnen wir dem Dolerit und Basalt zu kegelförmigen Bergen aufgethürmt: sei es isolirt in einzelnen Kuppen ausgedehnter Gebirge, oder zu kleineren, für sich bestehenden Gebirgssystemen vereint in der Nähe früherer, plutonischer Erhebungen. Der Mangel selbstständig ausgeschiedener Kieselerde, des Quarzes, ist ein wichtiger Charakter, welcher den älteren augitreichen vulkanischen Produkten ebenso sicher zukommt, wie den neuen Augitlaven; er giebt für beide auch anderweitig schon hinreichend als verwandte Gebilde kenntlich gemachten Gesteine ein überaus sicheres, schwerlich bedeutungsloses, äußeres Merkmal ab.

Ganz anders verhalten sich die Feldspathlaven. Schon ihre hellere gelblich-graue oder weißlich-graue, selbst röthlich-graue Farbe unterscheidet sie so auffallend von den Augitlaven, daß eine Verwechselung beider nicht wohl möglich ist. Sie bestehen vorzugsweise aus einem feinkörnigen, unbestimmt krystallinischen, matten Feldspath von geringer Härte und öfters porösem, mehr oder minder blasigem Gefüge, der einzelne große vollständige und glänzende Krystalle von glasigem Feldspath umschließt, neben denen in kleineren Partien Krystalle von Albit, Glimmer, Hornblende, selbst von Quarz, Kalkspath, Augit und Magneteisen sich ausgeschieden haben. Das Gestein, wenn es nicht sowohl stromartig als Lava auftritt, sondern selbstständige Kegel und Kuppen gleich dem Basalt und Dolerit bildet, nennt man nach Hauy's Vorgange Trachyt, nach Anderen Domit, wegen des glockenartig gewölbten, kugelförmigen Ansehens der Berge; — seine stromartigen Ergüsse bilden die trachytischen Laven. Ihr im Ganzen seltenes Vorkommen veranlaßte bei mehreren Geognosten geradezu Zweifel über ihre wirkliche Existenz, allein neuere Untersuchungen haben das Vorhandensein trachytischer Lavaströme schon insofern außer Zweifel gesetzt, als sie nachwiesen, daß Bimsstein und Obsidian, deren stromartigen Erguß Niemand bezweifelt, nur formell verschiedene Zustände des Trachyts sind, und keine andere, in der chemischen Zusammensetzung bedingte Verschiedenheit zwischen ihnen stattfindet, als die geringe, durch

1—2 Prozent Wassergehalt der Bimssteine und Obsidiane bedingte. Aber auch abgesehen davon, machen sich trachytische Lavaströme bemerklich, namentlich an der Solfatara, vielleicht selbst am Aetna; das entschiedenste Beispiel liefert die Insel Ischia, sie zeigt, nach Abich's Schilderung, „die Trachyte bald als massige Felsstücke mit horizontaler Zerklüftung senkrecht aufsteigend, bald als Schichten mit verschlackter Oberfläche, deutliche submarine Lavaströme darstellend, aus der vulkanischen Tiefe emporgehoben; hier mit eingeschlossenen, dort sie bedeckenden, mehr pechstein- als obsidianartigen Trümmerschichten verflossen, in deren schlackenförmigen, großballigen, endlich in wahren Bimsstein übergehenden Formen noch überall die Wirkungen der aus dem Innern hervorgehenden Expansionen erkannt werden, unter deren Einfluß die feurig-flüssigen Gebilde den Widerstand des auflagernden Elementes überwanden." — Der massige Trachyt bildet an den Vulkanen, denen er zukommt, die höchsten und innersten Theile des Kraters, gewöhnlich die Anfänge der Eruptionskegel, aus denen später die Laven sich ergossen und die Wände des älteren Kegels bedeckten. An unseren fortdauernd thätigen Vulkanen bemerken wir äußerlich den Trachyt nur selten; die Felsart entzieht sich den Blicken des Beobachters, sie steckt in der Tiefe und kann nur in den mit ausgeworfenen Blöcken des Kraters nachgewiesen werden; aber an den erloschenen Vulkanen stehen die Trachytkegel frei da, und zeigen mit ihren greisen Häuptern das höhere Alter der Dome an, die sich aus ihnen aufthürmten. Nicht ohne Grund glaubt man aus solchen freigebliebenen Trachytmassen auf eine älteste und aller Wahrscheinlichkeit nach nur einmalige, sehr gewaltsame vulkanische Thätigkeit des Berges, den sie bilden, schließen zu dürfen, und will es aus demselben Grunde natürlich finden, warum stromartige Ergüsse, die stets auf eine öfters wiederholte, intermittirende Thätigkeit des Vulkanes deuten, weniger häufig an Trachytbergen sich zeigen. In der That fehlen sie auch den größten Trachytkegeln[6]), den berühmten Vulkanen der Cordillere von Quito, mit der einzigen Ausnahme des Antisana, gänzlich. Auf europäischem Boden sind die Auvergne, die unteren Rheingegenden, die Liparischen Inseln und besonders die benachbarten der Ponza-Gruppe reich an Trachyten. Hier zumal findet sich eine eigenthümliche Art der Trachytgebilde, welche durch ihren Gehalt an frei ausgeschiedenem Quarz neben glasigem Feldspath und tombakbraunem Glimmer eine große Aehnlichkeit mit dem Granit (S. 42) erhält, nach ihrem Gefüge aber bezeichnend Trachyt-Porphyr genannt wird. Abich hat nachgewiesen, daß der Trachyt-Porphyr aus großen Spalten der Erdrinde gangförmig, wie noch jetzt die Lava an manchen Punkten, z. B. am Aetna, emportrat und

6) Die Felsart der Andes-Vulkane hat man, wegen gewisser Eigenthümlichkeiten in der chemischen Mischung, vom gemeinen Trachyt als besondere Art der Trachytformation unterschieden und Andesit genannt. Vergl. über sie Abich a. a. O. Seite 46.

durch diese Art seiner Entstehung das langgezogene, mauerförmige, abschüssige Ansehen der Inseln bewirkte, deren innersten Kern er ausmacht. Die Anwesenheit des Quarzes im Trachyt-Porphyr ist übrigens für die theoretische Auffassung der vulkanischen Erscheinungen überhaupt von großer Wichtigkeit; sie widerspricht der Ansicht, welche den Mangel des Quarzes als ein sicheres Kennzeichen vulkanischer Produkte angesprochen hatte und daraus für die quarzreichen Gesteine der älteren Perioden einen anderen, als den feurig-flüssigen Urzustand, ableiten wollte [7]).

Zur Trachytformation gehört endlich der Klingstein oder Phonolith, den man wegen seiner dunkeln aschgrauen Farbe öfters als eine Mittelstufe zwischen Basalt und Trachyt ansah, darin aber irrte. Der Klingstein ist vielmehr ein dunkelfarbiger Trachyt von großer Feinheit und Homogenität seiner Gemengtheile, größerer Härte und größerer Sprödigkeit. Nur selten enthält er isolirte Krystalle glasigen Feldspaths, noch seltener Hornblende, Augit oder etwas Magneteisen. Dagegen ist er durch sein chemisch gebundenes Wasser vom gemeinen Trachyt verschieden, und wenn man sich bestimmter ausdrücken will, eigentlich ein Gemisch von Feldspath und Zeolithsubstanz [8]). Hierin, aber nur in der chemischen Anlage, nicht in der Materie, gleicht der Phonolith dem Basalt. Er findet sich, wie der Trachyt, gern isolirt in besonderen Kuppen oder kleineren Gebirgszügen, namentlich im böhmischen Mittelgebirge, zerklüftet plattenförmig, tönt eigenthümlich beim Anschlagen an die freien Tafeln, und erscheint, gleich dem ächten Trachyt, nur in seltenen Fällen als stromförmiger Erguß. Zweimal hatte Abich Gelegenheit, ihn so zu beobachten: das eine Mal am Monte nuovo bei Puzzuoli, das andere Mal am Lavastrom von Arso auf Ischia; allein an beiden Orten stehen die Ströme isolirt da, ohne wiederholte ähnliche Ergüsse aus demselben Eruptionspunkte. Indeß beweisen sie doch das Vorhandensein von neuen Laven mit Wassergehalt, und widersprechen der Behauptung aufs Bestimmteste, daß den neuen oder historischen Laven chemisch gebundenes Wasser stets abgehe. Nur für die Augitlaven scheint diese Behauptung als Thatsache gelten zu können, sie scheint uns den Beweis zu führen, daß der Druck, unter dem gegenwärtig die hebenden Wasserdämpfe stehen, nicht mächtig genug ist, um eine chemische Verbindung des Wassers mit der Feldspathsubstanz auf dem vulkanischen

---

7) Um dem Vorwurfe zu entgehen, als sei mir die neueste Sachlage des Streites unbekannt, bemerke ich, daß nunmehr auch G. Bischof auf die Seite Derer getreten ist, welche Gesteine mit freiem Quarz für wässerigen Ursprungs erklären. Es ist nicht meine Aufgabe, über diese Frage ein Urtheil zu fällen; ich kann nur abwarten, zu welchem Endresultat die Forschung der Berechtigten uns führen wird. —

8) Zeolithe sind, gleich den Feldspathen, kieselsaure Doppelsalze, welche sich hauptsächlich durch ihren Wassergehalt von der Feldspathsubstanz chemisch unterscheiden. Sie bestehen also aus drei Bestandtheilen, nämlich 1) kieselsaurer Thonerde; 2) einem kieselsauren Alkali (Kali, Natron, Kalkerde, theils einzeln, theils in Gemischen); 3) Wasser.

Herde zu bewirken. Denn der Wassergehalt aller vorhistorischen Laven und Basalte, auf den einige der neptunistischen Schule zugethane Forscher so großen Werth legen, ist sicher nur von untergeordneter Bedeutung; er beweist uns nichts anderes, als daß jene Laven entweder die Ergüsse submariner vulkanischer Ausbrüche sind, welche unter dem Drucke des Meerwassers emporgetrieben alsbald in eine chemische Verbindung mit demselben traten, oder schon früher, als sie noch in der Tiefe der Erdkruste selbst steckten, das auf Klüften zu ihnen gelangte Wasser chemisch in sich aufnahmen. Diese Umstände können indeß hier nur angedeutet werden, sie sollen an einer spätern Stelle (im elften Abschnitt) ihre weitere Erledigung finden. —

Durch die formelle Uebereinstimmung der bis jetzt charakterisirten vulkanischen Auswurfsmassen mit den härtesten und festen Gesteinen des Erdkörpers ist nun zur Genüge bewiesen, daß auch diese Materien sich in einem feurig-flüssigen Zustande befunden haben können; es bliebe nur noch die Frage zu beantworten, warum sie nie eine schaumige oder glasartige Beschaffenheit besitzen, obgleich eine solche nicht bloß alle künstlich von uns in Hochöfen geschmolzenen Schlacken annehmen, sondern auch viele Auswurfsmassen der Vulkane sie zeigen. Die Beantwortung dieser Frage würde am besten durch Untersuchungen gegeben werden können, welche auszumitteln sich bemühten, warum nicht alle, sondern nur einige sehr wenige Lavaströme der späteren Zeiten glasartige sind. Dazu boten Beobachtungen an künstlichen Gläsern die Hand. Man hatte nämlich schon am Anfange des vorigen Jahrhunderts die Beobachtung gemacht, daß dicke Glasstücke, wenn sie langsam und sehr allmälig erkalteten, ihre klare durchsichtige Beschaffenheit verloren und gleich dem Pechstein ein emailartiges Ansehn erhielten (Reaumur'sches Porzellan). Diese Entdeckung blieb lange unbeachtet, führte aber doch endlich zu dem Resultat, daß die langsamere Erkaltung die einzige Ursache für die erwähnte Beschaffenheit sein könne. Von dieser Ansicht ausgehend, setzte man künstliche Glasflüsse aller Art einer sehr langsamen, höchst allmäligen Erkaltung aus, und erhielt dadurch eine Substanz, die in ihrem ganzen Gefüge den Steinlaven gleichkam. War also, nach solchen Erfahrungen, das glas- oder steinartige Ansehen des künstlichen Glases eine bloße Folge der schnellen oder langsamen Erkaltung, so lag der Schluß nahe, auch für vulkanische Auswurfsmassen, die alle augenscheinlich feurig-flüssig sind, wenn sie hervorquellen, eine schnelle oder langsame Erkaltung als die Ursache ihrer formalen Unterschiede anzusehen; eine Annahme, die am besten bewiesen oder umgestoßen werden konnte, wenn man natürliche Laven künstlich schmolz und in verschiedenen Temperaturen und Zeiträumen wieder erkalten ließ. Diese Versuche, früher in England von James Hall, später auf französischen Glashütten und Hochöfen mit großer Umsicht von Fleuriau de Bellevue angestellt[9]),

9 Journ. de Physique. Vol. 59 et 60. — Annales de Chimie. Vol. 50.

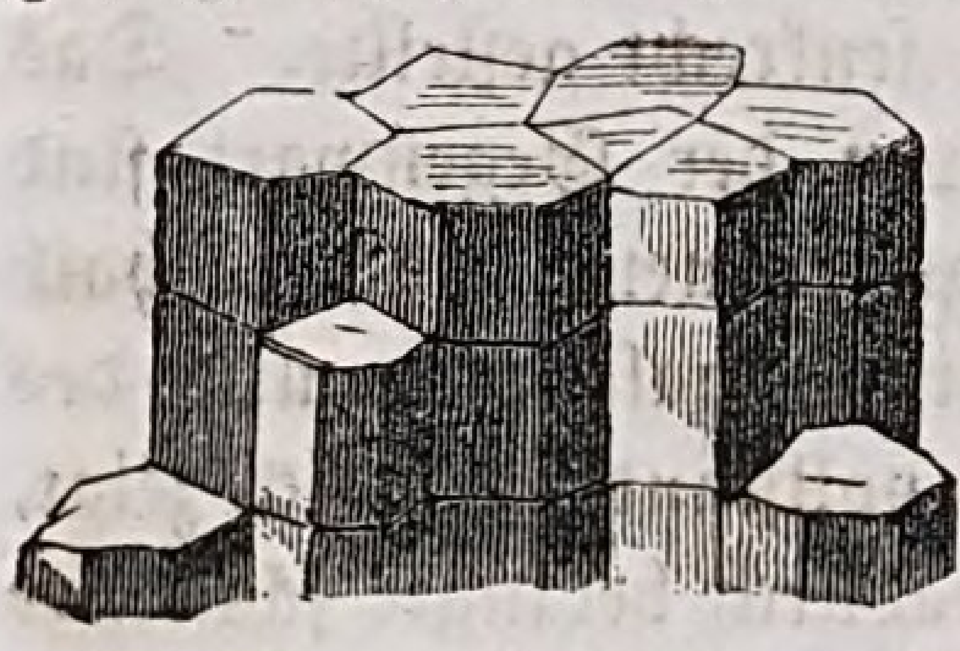
ergaben ein durchaus gleichartiges, höchst befriedigendes Resultat; sie zeigten, daß jede natürliche Lava, wenn sie aufs Neue geschmolzen und schnell abgekühlt wird, eine glasartige Form annimmt, d. h. amorph bleibt, dagegen ein krystallinisches Gefüge erhält, also steinartig, granitisch oder basaltisch sich absondert, wenn man sie sehr allmälig und langsam in geschlossenen Räumen kalt werden läßt. Man stellte, um ganz sicher zu sein, eben diese Versuche noch mit den Schlacken der Hochöfen an, und gewann auch an ihnen dasselbe Resultat. —

Nach solchen Erfahrungen ist also die Art der Erkaltung der Hauptgrund für die glasartige oder steinige Beschaffenheit nicht bloß aller Laven, sondern auch aller anderen natürlichen Bestandtheile unseres Erdkörpers, die jemals aus dem feurig-flüssigen Zustande in den festen übergegangen sind, worauf fußend wir behaupten dürfen, daß alle vorhandenen steinigen Schichten aus dem feurig-flüssigen Zustande durch eine sehr langsame Erkaltung hervorgingen, weil glasartige Materien nie in großer Masse als constituirende Bestandtheile des Erdkörpers auftreten. —

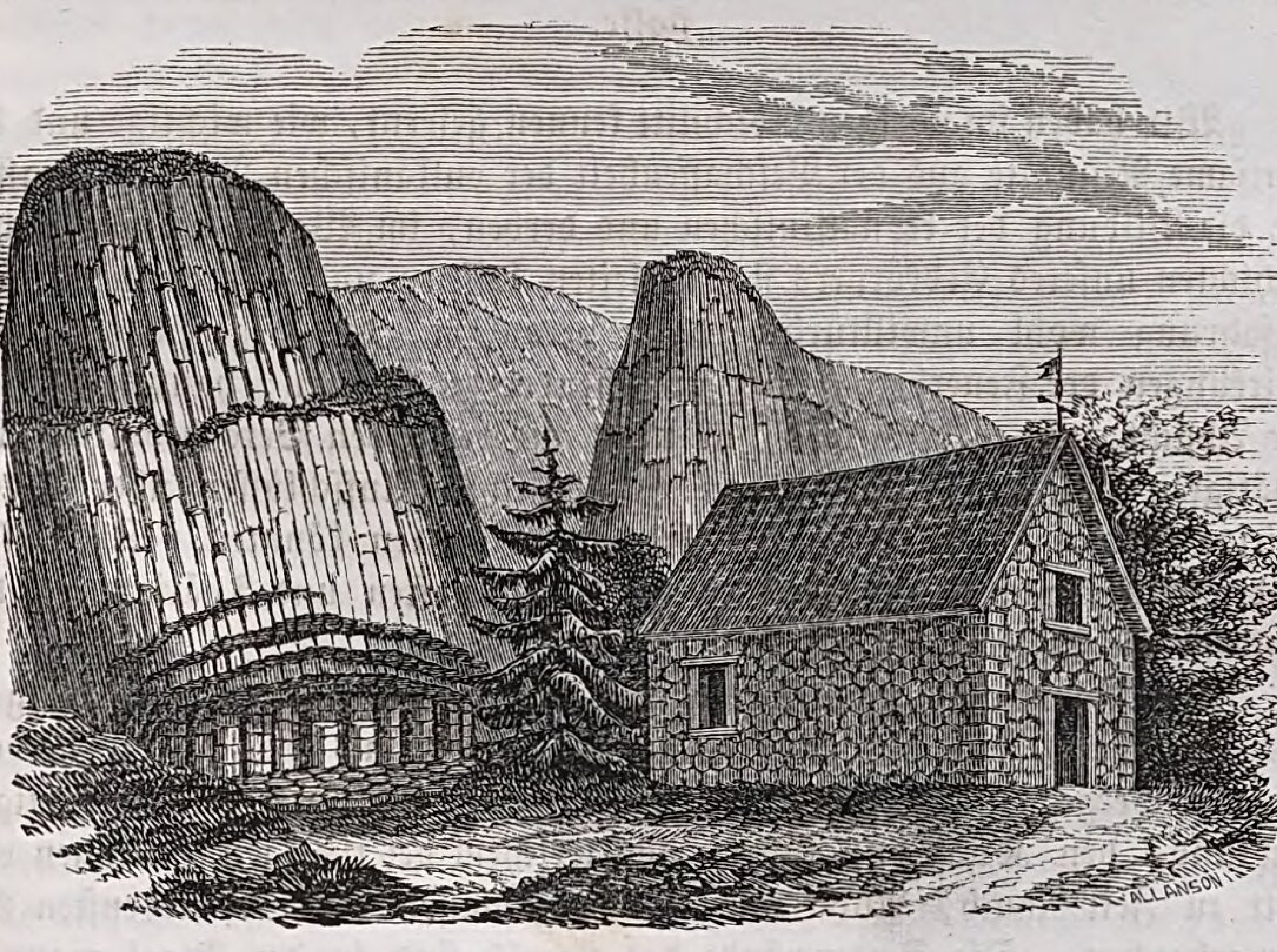
Wie in der Regel so ist es auch hierbei nicht schwer, die Gründe für die Erscheinung ausfindig zu machen, sobald dieselbe nach ihrem wahren Wesen richtig erkannt ist. Indem nämlich der Krystallisationsproceß verschiedenartiger mit einander gemengter Substanzen überall nur dann erfolgt, wenn die Stoffe Zeit haben, sich von einander zu sondern und die zugehörigen sich zu einander zu begeben, so ist begreiflicher Weise in einer schnell erkaltenden feurig-flüssigen Substanz die erforderliche Zeit zu solcher Absonderung nicht vorhanden; die Stoffe bleiben in dem Gemisch, wie sie der feurig-flüssige Zustand gemengt hat, und erst wenn langsam die flüssige Form in die feste übergeht, ist die Möglichkeit gegeben, daß sich die zu einander gehörigen Bestandtheile der Mischung treffen und zu einem Ganzen verbinden. Diese richtige Erklärung zeigt, warum Laven, die sehr langsam erkalten, mehr ein granitisches und porphyrartiges Gefüge besitzen werden, schneller erkaltende aber ein basaltisches oder erdiges; denn der ganze Unterschied ihrer Formen besteht, nach unserer obigen Erklärung, darin, daß in Granitlaven alle Bestandtheile krystallisirt und in größeren Partieen von einander unterschieden sind, in Porphyrlaven die Grundmasse derb, d. h. fein krystallinisch, ist, und in ihr größere einzelne Krystalle liegen, bei Basaltlaven die ganze Masse ein kleinkörniges krystallinisches Gefüge hat und bei erdigen Laven die einzelnen Krystallchen von fast mikroskopischer Größe sind. Demnach verdanken die Granitlaven und alle granitigen Gesteine einem sehr langsamen Erkaltungsproceß ihre Bildung, bei den Porphyren ging derselbe schon schneller von Statten, bei den Basalten noch schneller, und am schnellsten bei den feinkörnigen fast erdigen. Hingegen erfolgte bei allen glasartigen Stoffen die Erkaltung momentan und zu schnell, um überhaupt einen Krystallisationsact zu verstatten. —

Unabhängig von diesen Krystallisationsverhältnissen zeigen uns end-

lich noch alle Steinlaven die eigenthümlichen Erscheinungen der Absonderung und Zerklüftung, welche früher (S. 44) ebenfalls von den krystallinischen und derben Gesteinen erwähnt wurden. Sie bestehen hier, wie dort, in Spaltungs- oder Theilungsflächen, nach welchen die übrigens in sich zusammenhängende Masse zerspringt, wenn die Erkaltung und die damit verbundene Zusammenziehung der Masse weiter fortgeht oder plötzlich sehr gesteigert wird, und scheint nur eine Folge derselben zu sein. Bei manchen Laven und Basalten, wo diese Spaltung einer ganz bestimmten Richtung gefolgt ist, hat sie Formen bewirkt, welche Krystallen im Großen sehr ähneln.



Dahin gehören die scheinbar regelmäßigen fünf-, sechs- oder siebenseitigen Säulen der berühmten Basaltgrotte auf Staffa, genannt die Fingalshöhle; oder die ähnlich geformten des Riesendammes an der Nordküste Irlands. An beiden Orten zerfallen die Säulen durch Querklüfte, deren Flächen bald eben, bald kugelig gewölbt oder ausgehöhlt sind, in gleichmäßige Abschnitte, welche die Täuschung eines künstlichen Baues nur noch vermehren. Auch deutsche Gegenden bieten uns dieselben Formen dar, namentlich die Eifel an ihren zahlreichen Basaltbergen. Einen derselben, die Landskron im Aarthale, sehen wir im Holzschnitte vor uns



und bemerken in der Grotte am Fuße des größeren Basaltkegels die regelmäßige Säulenbildung deutlich, während wir auf der äußeren Oberfläche der Berge nur eine unregelmäßige Zerklüftung wahrnehmen. Die Kapelle

zur Rechten ist aus den sechsseitigen Querschichten zertrümmerter Basaltsäulen aufgeführt. Andere Basalte zeigen eine kugelförmig-schalige Absonderung im Großen und bestehen gleichsam aus in einander steckenden Kugelzonen, wie die bei Ober-Kassel am Rhein, nahe bei Bonn. Gewöhnlich haben die Säulen eine senkrechte Stellung, bisweilen aber auch, wie am St. Michel bei Le Puy in Languedoc (Haute Loire), eine waagrechte. Diese Verschiedenheit hängt ab von der Richtung der größten Abkühlungsfläche, gegen welche die Kluftflächen stets senkrecht liegen. In engen Spalten aufgestiegene Basalte zeigen deshalb horizontal gelagerte Säulen, massig aufgethürmte Kegel oder Kuppen senkrecht gestellte. Das gilt für alle Absonderungsflächen. — Auch Laven der Gegenwart sind ähnlich geklüftet, besonders die ins Meer herabgeflossenen, was deshalb bemerkenswerth sein dürfte, weil die Basalte der Fingalshöhle und des Riesendammes, an denen die Säulenbildung am vollständigsten sich zeigt, aus dem Meere hervorragen. Vielleicht hat die dadurch bedingte schnellere Erkaltung die stärkere Zerklüftung des Eruptivgesteines veranlaßt.

5.

Eigenschaften der Vulkane. — Ausbrüche. — Verschiedenartige Eruptionsstoffe.

Wir haben im vorigen Abschnitt kennen gelernt, wie wichtige und bedeutsame Resultate aus der Beschaffenheit der vulkanischen Auswurfsmassen für die Bildung der krystallinischen und derben, im Wasser unauflöslichen Schichten unseres Erdkörpers sich herleiten lassen, und werden durch diese Erfahrung wohl unwillkürlich dazu veranlaßt, die Eigenschaften und Wirkungen der Feuerberge noch umfassender zu studiren; hauptsächlich in der Absicht, um zu erforschen, ob nicht andere in den Bereich vulkanischer Thätigkeit fallende Erscheinungen zu ähnlichen Aufschlüssen über anderweitige Bildungsverhältnisse des Erdkörpers führen könnten. Zu diesem Endzweck beschreiben wir zunächst die Eigenschaften und Thätigkeiten der Vulkane im Allgemeinen.

Vulkane sind kegelförmig aus den mannigfachsten Umgebungen, aus der Ebene, wie aus Gebirgskämmen, selbst aus dem Meere hervorragende Berge, deren Spitze vertieft ist und in einen trichterförmigen Schlund, den Krater, führt, aus welchem bei thätigen Vulkanen von Zeit zu Zeit Rauch, Asche und Auswurfsmassen der verschiedensten Art hervorbrechen. Die Seitenwände des Kegels sind in der Regel mannigfaltig zerrissen, und führen theils in den Krater, theils ins Innere des Berges, daher auch aus ihnen Auswürflinge, besonders die geschmolzenen Massen oder Laven, gleich glühenden Strömen herabfließen. Die Ge-

birgsmasse, aus welcher diese Kegel bestehen, ist durchgehends vulkanisches Gestein; theils Basalt, theils Trachyt; sie bildet in der Regel mantelartig über einander ausgebreitete oder tutenartig in einander steckende Schichten, welche sehr deutlich für eine allmälige Aufhäufung sprechen. Ueber die Art und Weise, wie die Aufhäufung des Gesteins erfolgte, sind die Ansichten noch verschieden, und da es überhaupt keinen für alle Fälle gleichartigen Bildungsgang zu geben scheint, so ist es wohl möglich, daß beide Ansichten mit der Natur übereinstimmen.

L. v. Buch, dem wir durch seine vortreffliche Beschreibung des Vesuvs und der Canarischen Inseln die ersten und besten Aufschlüsse über die Bildung der Vulkane verdanken, nimmt für jeden Vulkan zwei Bildungsbestandtheile an, welche er durch die Benennungen von Erhebungskrater und Auswurfskrater unterscheidet. Der Erhebungskrater ist nach ihm eine vormals horizontal gewesene ältere Schicht der Erdoberfläche, welche an der Stelle lagerte, wo der Vulkan sich bilden wollte, und die kegelartig emporgehoben wurde, als er selbst durchbrach. Dieser berühmte Geognost erklärt aus einer solchen, an einer Stelle des ursprünglich horizontalen Bodens bewirkten Auftreibung nicht bloß die kegelförmige Form des Berges, sondern auch seine nach oben stark klaffende mittlere Oeffnung und die radienförmigen Einschnitte oder Risse, welche von ihr zum Umfange des Kegelberges hin fortsetzen. Jene Vertiefung in der Mitte nennt man auf den Canarischen Inseln caldera, die radienförmigen Einschnitte aber barancos, und die Wissenschaft hat diese Bezeichnungen beibehalten, wenn das Verhältniß, welches durch sie ausgedrückt wird, deutlich vorhanden ist. Vulkane also, die bloß aus einem solchen Kegel mit deutlicher Caldera und scharfen Barancos bestehen, sind das Erzeugniß einer einmaligen gewaltsamen Erhebung des Bodens durch vulkanische Agenten, welche aufhörten zu wirken, nachdem sie dies erste großartige Produkt ihrer Thätigkeit geschaffen hatten. Allein die meisten Vulkane, und namentlich fast alle noch thätigen, sind nicht bei einem so vereinzelten, einmaligen Gebilde stehen geblieben, sondern haben ähnliche Auftreibungen von Zeit zu Zeit wiederholt. Mit diesen späteren Eruptionen konnten nun, nachdem die über dem Vulkan liegende Decke gehoben war, nur Auswurfsstoffe aus der Tiefe emporgetrieben werden, und da die Masse derselben im Allgemeinen viel geringer ist, als das Material des Erhebungskraters, so mußte sich dieselbe in der Caldera zunächst ansammeln und nach physikalischen Gesetzen kegelförmig aufhäufen. Diese späteren Auswurfsstoffe bilden den Auswurfskrater, und seine Mündung ist der wahre Abzugskanal aller noch thätigen Vulkane, der eigentliche Krater. Es leuchtet ein, daß letzterer eine sehr verschiedene Größe haben kann, je nach der Größe des Erhebungskraters, der Masse von Auswurfsstoffen und der Anzahl späterer Eruptionen; ja diese werden zumal seine Größe ganz besonders bestimmen und endlich den Auswurfskrater so sehr ver-

größern können, daß er nicht bloß über den Rand der Caldera hervorsteigt, sondern die ganze Caldera mit seinen Stoffen ausfüllt und selbst die Schichten des Erhebungskraters noch bedeckt. Dann wird der Unterschied beider Krater verschwinden, oder falls die Auswurfsmassen von denen des Erhebungskraters verschieden sind, nur noch in ihnen die Verschiedenartigkeit des Erhebungskegels vom Auswurfskegel erkannt werden können.

Gegen diese Vorstellung sind andere Geognosten mit Einwürfen aufgetreten, welche die Zulässigkeit einer Erhebung der Vulkanschichten in anderer Weise, als durch bloße Aufschüttung oder Aufhäufung, unwahrscheinlich machen wollten. Diese Gegner, unter denen der Engländer Ch. Lyell einer der ersten war, behaupten, daß zwischen den Gesteinen des Erhebungs- und Ausbruchskegels kein genügender Unterschied stattfinde, sondern daß sie sich ebenso zu einander verhalten, wie die Auswurfsstoffe noch thätiger Vulkane aus verschiedenen Zeiten; sei also der eine Kegel aufgeschüttet, so sei es auch der andere. Dann aber wenden sie mit größerem Nachdruck die Form der Barancos ein, welche, wenn sie durch Berstung gehobener Schichten entstanden, natürlich oben in der Nähe des Kraterrandes am breitesten sein und gegen den Fuß des Kegels schmal auslaufen müssen, während sie doch alle gerade umgekehrt oben schmäler, unten breiter sind, und von den vielen in der Regel nur einer bis in die wirkliche Caldera reicht, die anderen aber in der Nähe des Kraterrandes enden. Die Gegner der Erhebungskegel suchen darzuthun, daß diese Barancos spätere Auswaschungen abfließender Gewässer seien, und geben höchstens von dem bis in die Caldera dringenden Hauptbaranco zu, daß er auf einer Spaltung beruhe. Sie leiten demnach den Erhebungskrater ebenfalls von einer Aufschüttung der aus der Tiefe emporgestiegenen vulkanischen Massen ab und nehmen für diesen ältesten und ersten Ausbruch eine sehr großartige Thätigkeit des Vulkans zur Zeit seiner Bildung an, gegen welche die späteren Eruptionen, wenn sie es nicht bis zu einer Ausfüllung der alten Caldera brachten, unbedeutend erscheinen. Die Bildung der Caldera erklären sie ebenso sehr aus der Gewalt, mit welcher diese ältesten und ersten Auswurfsmassen hervorgetrieben wurden, wie aus späteren Einstürzen der Spitze des Kegels, welche erfolgten, als der Vulkan seinen ersten Ausbruch vollendet hatte, und nun die von seinen Ausbruchsstoffen in der Tiefe gelassenen Lücken durch Einstürzen eines Theils der aufgehäuften Massen wieder ausgefüllt werden mußten. Wir werden daher, wenn diese Ansichten die richtigeren sind, nur bei kleineren und allermeistens bei erloschenen Vulkanen einen relativ sehr weiten und großen Krater antreffen müssen, bei noch thätigen aber einen viel kleinern, wenn auch höher aufsteigenden; weil die beständigen Eruptionen immer neue Auswürflinge hervor führen, und das Einstürzen der Spitze bis auf beträchtliche Tiefen hindern. Und so ist es in der That.

Dennoch scheint die Buch'sche Ansicht in manchen Fällen völlig am

Orte zu sein, besonders aber dann, wenn geschichtete Lagen den Fuß des Kegelberges umgürten. Davon liefert die griechische Insel Santorin, die letzte der kleinen Cycladen, ein vortreffliches Beispiel, insofern sie mit den beiden kleinern ihr gegenüberliegenden Inseln Therasia und Apronisi einen vormaligen, durch Einbrüche des Meeres geöffneten Krater bildet, in dessen Mitte noch in historischer Zeit viermal neue oder Eruptionskegel aufstiegen, welche die kleinen Inseln Hiera (Palaio Kameni) und Neo Kameni hinterließen. Gegen diese Inseln zu bestehen die Kraterwände aus Trachyt, am äußeren Umfange des ägäischen Meeres aber aus Thonschiefer, dessen Schichtungsflächen, wie es die Erhebung mit sich bringt, gegen das Meer hin einfallen. Aehnliche Wahrnehmungen sollen an mehreren Inseln unter den kleinen Antillen gemacht sein. Es würde demnach, worauf es doch bei diesen Dingen am meisten ankäme, bewiesen sein, daß auch die Vulkane benachbarte Erdschichten heben können, und daß ihre Bestandtheile keineswegs in allen Fällen bloß aufgehäufte Eruptionsmassen sind.

Die auf solche Weise im Allgemeinen gebildeten Feuerberge zeigen uns nun in gegenwärtiger Zeit eine Thätigkeit, welche hauptsächlich auf Erscheinung doppelter Art zurückgeführt werden kann; nämlich auf wirkliche Ausbrüche mit Ausbruchsstoffen verbunden, und auf Erschütterungen des Bodens in ihrer Nähe, sogenannte Erdbeben. In der Regel treten beide gleichzeitig auf, oder wechseln in kurz auf einander folgenden Perioden, sich mehrmals in ähnlicher Weise wiederholend. Das majestätische Schauspiel einer solchen Eruption zu schildern, ist demnach, wegen der mannigfachen Wechselerscheinungen und gleichzeitigen Begebnisse, eine sehr schwierige Aufgabe, und der Erfolg einer solchen Darstellung um so unsicherer, als die größte Ueberraschung doch immer die unmittelbare Anschauung gewährt, und eine Umschreibung mit Worten nie im Stande sein wird, den Eindruck bloß annähernd hervorzubringen, welchen der Anblick der Erscheinung selbst verursacht.

Geraume Zeit vor dem Eintritt einer wirklichen Eruption pflegen Erderschütterungen das Herannahen einer solchen zu verkünden; besonders wenn der Kratergrund seit einiger Zeit sich mehr gehoben hat, und aus der Trichterform langsam während mehrerer Jahre anschwellend in die einer leicht vertieften Ebene übergegangen ist. Alsdann verrathen auch schon senkrecht aus dem Krater aufsteigende, oberhalb in mannigfachen Wirbeln sich kräuselnde Dämpfe, welche die fruchtbare Einbildungskraft der Italiener seit Jahrhunderten dem schlanken Wuchs der einheimischen Pinien verglichen hat, die bis dahin schlummernde Thätigkeit der unterirdischen Mächte deutlicher und geben den Anwohnenden ein mahnendes Zeichen, daß mit ihnen, um mich der Worte des Dichters zu bedienen, kein dauernder, kein ewiger Bund zu flechten sei. Während an manchen Vulkanen diese Rauchsäulen, in Italien Fumarolen genannt, erst bei bevorstehenden Eruptionen

sich einstellen, anfangs leichten Wasserdünsten gleichend, hauchen andere Vulkane beständig solche Dunstmassen aus, und verkünden die Nähe einer Eruption höchstens durch Vermehrung ihrer Fumarole an Umfang und Intensität der sie bildenden Dämpfe, bis zum Ansehen einer schweren, das Haupt des Berges umlagernden Gewitterwolke. Ehe es jedoch zu einer solchen Höhe der Ausbruchserscheinungen aus dem Krater selbst kommt, zeigen die Entwickelung der Eruption andere Zeichen in seiner Nähe an. So vernimmt man in der Regel gleich anfangs ein eigenthümliches Getöse, das dem Zischen verdampfenden, auf glühende Kohlen geschütteten Wassers gleicht, sich nach und nach bis zu dem Brausen gewaltsam aus engen Mündungen strömender Dämpfe steigert, und später in wirkliche Detonationen übergeht, wie wenn man fernen Kanonendonner hörte. Mit diesen Geräuschen verbinden sich leise Bebungen des Bodens, die bald zunehmen, oder auch jetzt schon sehr heftig sein können, wenn leichte Erderschütterungen allen anderen Erscheinungen vorangingen; ein starker Knall, welcher nun zu erfolgen pflegt, und meistens mit einer plötzlichen Entzündung der Rauchsäule verbunden ist, verkündet dann den wahren Anfang der Eruption, die alsbald mit dem Auswerfen glühender Substanzen beginnt und in ähnlicher Thätigkeit bleibt, so lange sie dauert. Jetzt füllt sich auch der durch jene erste Explosion zerrissene Kratergrund mit glühender Lava, die absatzweise an verschiedenen Stellen hervorquillt; oftmals berstet er während dieses Hebens aufs Neue, thürmt sich zu kleinen Schlackenkegeln in seiner Mitte oder an den Eruptionspunkten auf, und stößt um so stärkere, dunklere Rauchwolken mit immer zunehmendem Geprassel aus. Bei einer solchen Steigerung der Rauchmassen ist die Eruption schon in voller Thätigkeit; sie verfinstert mit ihren Dünsten die Tageshelle und läßt kaum noch dem Lichte der strahlenlosen Sonnenscheibe einen schwachen Durchweg; denn ein feiner aschenartiger Staub fällt aus der Luft herab und zeigt an, daß nicht bloß Dampfwolken, daß auch erdige Bestandtheile emporsteigen und von den Dämpfen mit fortgerissen aus den kälteren, minder bewegten Luftschichten der Umgebung mit feinen Wassertropfen gemengt wieder herabfallen. Beide überziehen, gleich einer Trauerdecke, alle benachbarten Gegenstände, und tödten oft schnell und sicher, sei es durch die Hitze, sei es durch den feinen Staub und die Schwefeldämpfe oder die Säuren, welche dem Wasser beigemischt sind, Pflanzen und Thiere. Dabei sieht man fortdauernd die unteren Theile der Rauchmassen erleuchtet, ja flammend; ein Widerschein der im Krater sich hebenden glühenden Lava, welcher mit sichtbarer Intensität zunimmt, wie diese frisch hervorquillt und nach oben allmälig schwächer werdend in den Dunstmassen sich verliert, zuletzt nur noch die gewölbten Ränder ihrer Wirbel mit einem glühenden Saume bemalend. Immer lauter wird zugleich das Getöse, immer schneller folgen einander die Schläge, und Donner auf Donner treibt die emporlodernden Dampfmassen zu einer schwindelnden Höhe hinan. Oft fahren, von solchen Ex-

plosionen getrieben, die glühenden Körper senkrecht durch die Rauchwolken, neigen sich, wenn ihre Fliehkraft erschöpft ist, unter Bogen, und fallen mit prasselndem Geräusch auf die Kraterwände nieder; hier nach allen Seiten gleich Eisenschlacken, die der Hammerschlag abtreibt, zerspringend. Selbst in der Luft trennen sie sich, wenn ein Theil der unförmlichen Masse, größere Schwere besitzend, eine andere Fliehkraft erhalten hat, und strahlenförmig lösen sie sich dann, gleich aufsteigenden Raketen, in ihre verschiedenartigen Bestandtheile aus einander. Und immer schneller und schneller folgen die Stöße, immer lauter wird ihr Knall, immer zahlreicher die Menge der emporgeschleuderten Feuerklumpen, immer stärker das Geprassel ihrer fallenden Bruchstücke. Hier erfaßt wohl ein nachfolgender den bereits zurückkehrenden, und die Heftigkeit des Stoßes der sich begegnenden mehrt die Zersplitterung, steigert die gleich platzenden Bomben umhergeschleuderten Scherben. Da nahet aufs Neue das lange gefürchtete, ängstlich erwartete, schaudervolle Erzittern des Bodens, der dem Andrange der eingepreßten Dämpfe nachgebend sich windet und berstet, und radienförmig nach allen Seiten von der Mitte des Berges aus die Ebene zertrümmert. Und diese Erschütterung ist es, welche unter allen Eruptionserscheinungen den Menschen am meisten schreckt, welche ihn aus dem wirthlichen Dach in die aufgeregte Natur hinaustreibt und nöthigt, sehender Zeuge des großen Ereignisses zu sein, das einst in gesteigerter Höhe die Erdoberfläche bildete und denselben Boden aus dem Meere emporhob, den es nun seinen andrängenden Wogen in erneuter Katastrophe wieder preisgiebt. Doch das Ende des Unheils, so schauerlich schön in seinen einzelnen Zügen, steht nahe bevor. Schon zeigt sich der glühende Fluß leicht gewölbt über den niedrigsten Stellen des Kraters, schon fließt an einzelnen Punkten die geschmolzene Lava herunter und schlängelt sich langsam, eine feurige zähe Masse, an den Wänden des Kegels fort, die niedrigen, ihr im Laufe begegnenden Gesträuche entzündend, daß sie mit flackernder Flamme auf ihrer Fläche emporlodern. Bald folgt solchen Vorläufern der feurige Hauptstrom nach. Während aller dieser Erscheinungen immer mehr im Krater emporgestiegen, durch neue, neben den alten hervorbrechende Fluthen näher und näher dem Rande gerückt, endlich sogar polsterartig über den tiefsten Stellen des Randes eine Zeit lang schwebend, sinkt plötzlich, von einem Donnergetön und heftigen Erschütterungen begleitet, die glühende Lava herab, und in demselben Augenblicke strömt sie aus einer entstandenen Spalte tief unten am Fuße des Kegelberges hervor, anfangs vom Drucke der über der Oeffnung stehenden Massen selbst fontainenartig aufsteigend und immer breiter, mächtiger in die fruchtbare, von Menschen sorgfältig bebauete Ebene sich ergießend. Schnell wendet sich dieser verheerende Fluß mit stets wachsender Gewalt auf der geneigten Fläche zur wirklichen Ebene hinab, und öffnet durch den leer gewordenen Krater den elastischen Stoffen einen Ausweg. Von Asche begleitet und sie mit sich fortführend steigen die Dämpfe einer dunkeln

Säule gleich hoch empor und gestalten sich oben in den Lüften zu jener Pinienform, die schon den ältesten Beobachtern auffiel. Dieser majestätische ungeheure Aschenbaum bildet die tragische Schlußscene der ganzen Erscheinung, er breitet seine Krone unheilschwanger über die Ebene aus, und bedeckt sie, sich senkend, mit seinem düstern Laube auf ewig; an 100 Fuß mächtige Lager hat er einstens über Herkulanum und Pompeji ausgeschüttet [1]). Auf solche Weise begleiten ähnliche Erscheinungen, in größeren, geräuschvolleren Phasen wiederkehrend, den unheilvollen Cyclus der Eruptionsphänomene von ihrer höchsten Ausbildung durch mannigfache Abstufungen rückwärts zu jener unscheinbaren Dampfsäule zurück, welche als der erste Bote so grauenvoller Entwickelungen die Uebergangserscheinungen einleitete.

Wenn endlich die Tageshelle diesen durch die großartigsten Leuchtfeuer nur schwach erhellten Finsternissen wieder folgt, so zeigt sich das ganze Bild der Zerstörung in seiner Vollendung; alles urbare Erdreich rings umher ist von aufgeschütteter Asche bedeckt, auf den Wänden des Berges und an seinem Fuße lagern die tausend und aber tausend Bruchstücke der zersprungenen Auswurfsmassen, und zwischen neuen Erdschichten windet sich der noch heiße, glühende, rauchende, ja stellenweis flammende Lavastrom im selbstgebildeten Bette zu einer Tiefe hinab, wo ihm die Fallhöhe fehlt und der zähe Fluß in sich seinen Haltpunkt findet. Alles umher gleicht einer trostlosen Einöde, die grünende Pflanzendecke fehlt, die verdorrten Bäume strecken ihre bestäubten Aeste blattlos in die düstern Lüfte, und das thierische Leben hat schon längst aufgehört hier zu schlagen, ja es hat in der glühenden Asche selbst die Spuren seines Daseins verloren. — So etwa mochte der Anblick sein, als 79 Jahre nach Christi Geburt der Vesuv aus seinem vieljährigen Schlummer zum ersten Male wieder erwacht war, im Vollgefühl seiner verheerenden Kräfte 30 Quadratmeilen mit seinen Auswürflingen bedeckte und drei volkreiche Städte mit ihren sorglosen Bewohnern in den ewigen Todesschlaf einhüllte [2]). Nur als Schatten ehemaliger Herrlichkeit sollten sie aus den Gräbern nach 1700 Jahren wieder emporsteigen.

Statt dieser grauenvollen Landschaft zeigt uns der Holzschnitt den Krater des Vesuv im Zustande schlummernder Thätigkeit, wie er im August 1834, vor den bald erfolgten Eruptionen, sich ausnahm. Man gewahrt

1) Beide Städte sind übrigens nicht gleich stark verschüttet worden. Nur über Herkulanum, welches dem Vesuv näher liegt, beträgt die Erddecke gegenwärtig 70—112 Fuß, rührt aber, wie die Durchstiche zeigen, mindestens von sechs verschiedenen Eruptionen her. Pompejis Gebäude haben bloß eine Decke von 12 bis 20 Fuß. Lava hat sich nicht über sie ergossen, das Verschüttungsmaterial besteht nur aus Asche und Lapilli.

2) Man findet in den Ruinen von Herkulanum und Pompeji nur sehr wenige menschliche Gebeine, weil die meisten Bewohner Zeit genug hatten, beim Beginn der Eruption die Stadt zu verlassen.

im Vordergrunde die obersten Ränder des beim Ausbruch vom Jahre 79 gebildeten, jetzt alten Kraters, und steht seine fast senkrecht abschüssige Wand an der linken Seite bis zum Hintergrunde sich hinziehen. Hier



bedeckt sie der neueste Eruptions-Aschenkrater, ein glockenförmiger Berg von mehr als 300 Fuß Höhe, welcher mitten auf dem horizontalen Kraterplateau ruht und nach rechts an eine leichte Erhebung des Kraterbodens sich lehnt, hinter welcher aus einer breiten Spalte kleine Eruptionskegel in mehrfacher Zahl hervorragen. Von da ist der ebene Kraterboden bis zum Vordergrunde mit den wild über einander geschobenen Schlacken erkalteter Lava bedeckt, während in der Mitte des Bildes ein frischer Lavastrom aus dem Boden hervorquillt und zum Rande des Kraters hinabfließt, auf beiden Seiten von aufgehäuften Wällen kalter Schlacken eingefaßt. Leichte Fumarolen, wie sie auch aus den Eruptionskegeln entweichen, erheben sich von seiner Fläche und hinter seiner Quelle gähnt am Fuße des großen Aschenkegels eine andere leere Spalte mit leicht gehobenen Rändern; der übrige Boden ist von Asche und Lapillis bedeckt, deren lockere Schicht noch stellenweis die Furchen zeigt, in welchen frühere Lavaströme sich bis zum Rande des an der äußersten rechten Seite bereits von ihnen überwölbten alten Kraters hinwanden.

Untersuchen wir jetzt die im Zusammenhange dargestellten Ausbruchserscheinungen im Einzelnen, so ergeben sich uns hauptsächlich vier verschiedene Auswurfsstoffe, nämlich Rauch, Asche, emporgeschleuderte Körper und Lava, als Gegenstände der Betrachtung. Jeder von ihnen hat wieder

sehr mannigfache Bestandtheile und bedarf deshalb einer ausführlicheren Erörterung.

Zunächst der Rauch ist, so lange er noch eine weißliche Farbe besitzt, größtentheils bloßer Wasserdampf, der allen anderen Eruptionserscheinungen voranzugehen pflegt, weil zu seiner Bildung, zur Verdunstung des Wassers, die allergeringsten Hitzgrade erforderlich sind. Aus demselben Grunde strömt er an sehr vielen, besonders größeren Vulkanen beständig aus, weil immer in ihrer Tiefe ein Hitzgrad vorhanden ist, der Wasser siedend machen und in Dampf verwandeln kann. Ueber den Ursprung dieses Wassers ist vielfältig gestritten worden und noch mehr über seinen Antheil an dem Ursprung der vulkanischen Eruptionen überhaupt; es scheint indeß bei allen Vulkanen, die nicht in unmittelbarer Nähe des Meeres sich befinden, das atmosphärische Wasser zu sein, was der Vulkan, sobald es bis in den Bereich seiner gesteigerten Temperatur gekommen ist, in Dampf verwandelt und als solchen aushaucht. Eine frühere Annahme, daß es nur Meerwasser sei, welches in der Tiefe einen Zugang zum Herde des Vulkans gefunden habe, und daselbst durch die schnelle Oxydation aufgehäufter Metalle, namentlich des Kali-Metalls, die hohen Hitzgrade, die Expansionen und überhaupt alle Eruptionserscheinungen veranlasse, hat in neuerer Zeit keine Vertreter mehr gefunden, und ist als eine unnöthige oder nicht zu beweisende Hypothese wieder verlassen worden. Auch spricht die Entdeckung großer thätiger Vulkane im Inneren Asiens gegen die Möglichkeit, daß Meerwasser zu ihrem Herde gelangen und nur dieses vulkanische Erscheinungen bedingen könne. Wir sind daher genöthigt, wie für die Quellen, so auch für die Wasserdämpfe der Vulkane, das von der Erddecke eingesogene atmosphärische Wasser als wichtigsten Urquell anzunehmen, und glauben, ohne das Meerwasser in den Fällen, wo es den vulkanischen Herd zu erreichen im Stande ist, von seiner Theilnahme am vulkanischen Proceß ausschließen zu wollen, in den Untersuchungen, welche den Ursprung des Quellwassers aus der Atmosphäre dargethan haben, auch hinreichende Beweise für diese zweite Annahme zu finden. — Reine Wasserdämpfe sind indessen selten, und werden gewöhnlich nur im Zustande schlummernder Thätigkeit, ja selbst dann kaum, ausgeschieden; die meisten Wasserdämpfe enthalten zugleich andere Gase, ja selbst feste Stoffe, die bloß durch die Hitze des Vulkans dampfförmig gemacht wurden. Vorzüglich sind es Schwefeldämpfe, welche die Wasserdämpfe begleiten, und während der Production beider zu mannigfachen chemischen Verbindungen sich gestalten. — Wir treffen fast überall Schwefelwasserstoffgas, schwefelige Säure und selbst reine Schwefeldämpfe in den Fumarolen an. — Diese Stoffe verrathen sich leicht und schnell durch eigenthümliche Gerüche (der des Schwefelwasserstoffs gleicht dem stinkender fauler Eier), und tragen einen Theil der nachtheiligen Wirkungen in sich, welche von den vulkanischen Dämpfen auf die Umgebungen des Vulkans aus-

geübt werden. In die Luft ausströmend, setzt der Schwefel sich wieder in fester Gestalt an, und bildet gelbe pulverförmige Ueberzüge an den Rändern von Spalten und Ritzen, aus welchen er hervorströmt; auch in hohlen Räumen sammelt er sich, und findet sich nicht selten krystallisirt in Gesellschaft von Gyps ganz ähnlich, wie wir ihn auf Gängen und Lagern im Urgebirge antreffen. Die Schwefelsäure geht wohl Verbindungen mit Salzbasen ein, und scheint einen Theil des kohlensauren Kalkes in Gyps zu verwandeln, der bekanntlich eine Verbindung von Kalkerde und Schwefelsäure ist. Aus dem häufigen Vorkommen des Schwefels in fast allen vulkanischen Ausbruchsstoffen scheint sich somit die häufige Anwesenheit des G y p s e s, zumal als feinkörniger oder A l a b a s t e r, zu erklären. Auch mit Thonerde verbindet sich die Schwefelsäure, und bildet auf solche Weise, erdige Massen zersetzend, den A l a u n s t e i n, der in manchen vulkanischen Gegenden (Ungarn, Frankreich) gefunden wird. — Nächst den Schwefelverbindungen sind es besonders C h l o r v e r b i n d u n g e n, welche in den vulkanischen Dämpfen vorkommen. Die wichtigste dieser Verbindungen ist die S a l z s ä u r e, welche aus Chlor und Wasserstoff besteht; leicht kenntlich an ihrem stechenden Geruch und der schneeweißen Farbe ihrer Dämpfe. Sie findet sich indessen minder häufig, als die Schwefelsäure, und wenn sie vorkommt, mehr an Salzbasen gebunden, namentlich mit dem Natron als K o c h s a l z [3]), und mit Ammonium als S a l m i a k. Letzteres Salz ist sehr flüchtig, daher Dämpfe desselben, ganz wie Schwefeldämpfe, in den Fumarolen enthalten sind, und ähnliche Ueberzüge an Stellen bilden, wo die kältere Atmosphäre die Dämpfe nöthigt, eine feste Form anzunehmen. Selbst das Kochsalz ist flüchtig bei einer Temperatur, welche dem Glühpunkte des Eisens nahe kommt, und bildet aus demselben Grunde Salzkrusten an verschiedenen Stellen mancher Vulkane. Namentlich sind solche Salzabsätze häufige Erscheinungen am V e s u v, wo sie von den ärmeren Volksklassen begierig aufgesucht und als Quellen von Erwerb benutzt werden. Auch der H e k l a auf Island producirt Kochsalz. Seltener als Chlor und Schwefel ist in den Fumarolen der Kohlenstoff, doch nur in einer Form, nämlich in seiner Verbindung mit Sauerstoff als K o h l e n s ä u r e enthalten. Man kennt sie besonders in den Fumarolen der südamerikanischen Vulkane und vermuthet, daß die vielen kohlensäurehaltigen Quellen, deren kühlende Wasser, gleich dem von S e l t e r s, durch Aufbrausen oder Blasenentwickelung das flüchtige Gas zu verrathen pflegen, seinen Besitz einer schlummernden vulkanischen Thätigkeit verdanken, besonders weil man solche Quellen oder S a u e r b r u n n e n fast nur in der Nähe von vulkanischen Gebirgen antrifft. Manche dieser Gegenden hauchen

3) Bei der Bildung des Kochsalzes verwandelt sich die Salzsäure, indem sie ihren Wasserstoff abgiebt, in Chlor und es entsteht Chlornatrium. Vergl. die Note Seite 35.

geradezu Kohlensäure aus, wie z. B. die berühmte Hundsgrotte bei Neapel, welche ihre untere, letale Schicht ebenfalls dem Ausströmen der Kohlensäure schuldet. In allen Kellern Neapels wird sie in überwiegender Menge angetroffen, ja in längere Zeit verschlossen gewesenen ist sie so mächtig, daß hineintretende Personen sofort betäubt werden und bewußtlos niederstürzen. Die Italiener haben sie auch seit geraumer Zeit an ihrer nachtheiligen Wirkung auf die thierischen Organismen und den Menschen kennen gelernt, wiewohl sie der Atmosphäre kein eigenthümliches Ansehn giebt, und Stellen, wo sie in Masse aufsteigt, Mofeten genannt[4]). — Dies sind die wichtigsten Stoffe, welche in Dampfgestalt die Fumarolen bilden, und in der Regel auch dann in ihnen sich finden, wenn keine andere Eruptionserscheinung jene Rauchsäule begleitet. Ihre Einwirkung auf die Umgebung ist, wegen so vielfacher Bestandtheile, höchst mannigfach und je nach den Localitäten verschieden; ich gedenke hier deshalb nur einer mehr allgemeinen Wirkung, die im Entfärben vieler Gesteine durch diese Dunstmassen besteht, und wohl von den bereits erwähnten Ueberzügen unterschieden werden muß. Da, wie oben erwähnt wurde, ein Hauptfärbemittel aller dunkeln Laven das Magneteisen ist, so wird die Entfernung desselben durch Säuren, welche mit ihm im Wasser lösliche Verbindungen eingehen, Ursache, daß die Laven nach und nach eine weißliche Farbe annehmen, und endlich ganz der Kreide gleichen. Die berühmte Solfatara bei Neapel ist ein solcher durch schwefelsaure Dämpfe entfärbter vulkanischer Herd, und die liparischen wie canarischen Inseln zeigen ähnliche Vorkommnisse. Uebrigens entfärben sich manche Laven leichter und schneller, als andere, und so kann es kommen, daß einzelne Vulkane stellenweis mit entfärbten Streifen versehen sind, anderweitig aber ihre dunkle Farbe behalten.

Die Asche, welche oben als zweiter Theil der Auswurfsstoffe aufgeführt wurde, stellt sich in der Regel erst um die Mitte einer Eruption oder gegen Ende derselben ein und besteht aus fein zertheiltem Erdreich, das bald das Ansehen eines grauen Mehles hat, bald gröber ist und mehr Kies gleicht, daher in dieser Form auch Sand genannt wird. Sie ist in beiden Gestalten nur fein zertheilte Lava, gleichsam gepulverte erdige Lava, deren einzelne Partikelchen, seien sie fein oder grob, aus kleinen Krystallen von Feldspath, Augit. Titaneisen, Magneteisen, Olivin und anderen Bestandtheilen der Laven bestehen, welche der aufsteigende Dunst wegen ihrer Leich-

4) Die Kohlensäure entweicht aus den Vulkanen am beträchtlichsten im Zustande schlummernder Thätigkeit und wird vorzugsweise von den Vulkanen Quito's entwickelt, weil diese keine heftigen Eruptionen mehr machen. Sie soll vom kohlensauren Kalk benachbarter Lager herrühren und durch Glühen desselben in der Tiefe aus ihm entbunden werden, gleich wie das Kochsalz aus dem Meerwasser, welches bis zum vulkanischen Herde hinabdrang. —

tigkeit mit emporhebt und weithin über die Ebene ausschüttet [5]). Die Asche ist auch die Ursache des dunkeln Ansehens der Fumarolen, wie des trüben Sonnenlichtes während der Eruption überhaupt, weil sie sich in solcher Menge in der Luft befindet und wegen ihrer Feinheit so langsam niederfällt, daß sie die Atmosphäre gleichsam erfüllt und den meisten Lichtstrahlen keinen freien Durchgang mehr verstattet. Wie übrigens die Lava sich so fein zertheilen könne, weiß man noch nicht mit Gewißheit; allein die Möglichkeit dazu muß leicht und allgemein sein, da die ausgeworfenen Quantitäten Asche sehr beträchtlich sind, und namentlich bei jenem denkwürdigen ersten Ausbruch des Vesuvs bloß sie die genannten drei Städte verschüttete. Sie war, nach des jüngeren Plinius Aussage, so mächtig, daß noch zu Misenum, über 5 Meilen in geradliniger Entfernung vom Vesuv, die Tageshelle verfinstert wurde, und in Stabiä, wo der ältere Plinius umkam, eine Dunkelheit herrschte, wie in einem verschlossenen Zimmer, in dem man plötzlich die Lichter auslöscht. Und in der That muß ihre Menge groß gewesen sein, da gleichzeitige Schriftsteller versichern, man habe zu Rom, wie an der afrikanischen Küste, ja selbst in Syrien ihr Fallen bemerken können. Einige Beobachter leiten die Aschenbildung von den plötzlichen Ausbrüchen der entweichenden Gase durch die flüssige Lava ab; sie lassen den glühenden Fluß in Aschenform auseinandersprühen, dann erkalten und auf diese Weise zu der Asche Veranlassung geben. Dafür spricht auch der Umstand, daß große Quantitäten Asche erst ausgeworfen werden, wenn schon viele flüssige Lava im Krater vorhanden ist, und kurz nach dem Abfluß der Lava auch die meiste Asche ausgeleert wird. Daß sie häufig mit feinen Wassertropfen oder Wasserdämpfen verbunden ist, wurde schon früher er-

5) Zahlreiche werthvolle Untersuchungen von Ehrenberg haben seitdem nicht bloß in der losen vulkanischen Asche, sondern auch in den zusammengebackenen vulkanischen Tuffen, selbst in Bimssteinen, sowohl neuen als älteren, organische Beischlüsse nachgewiesen, namentlich die Kieselgerüste der Bacillarien und Phytolitharien. Wenn einige Naturforscher, durch den wässerigen Ursprung solcher Organismen verleitet, die genannten vulkanischen Produkte für neptunische Gebilde erklären wollten, so hätten sie dazu freilich keinen genügenden Grund; vielmehr stellen sich die beobachteten Thatsachen nur in die Reihe der vulkanischen Schlammeruptionen und des Auswurfes todter Fische bei Ausbrüchen in der Cordillere Amerikas. Alle drei Phänomene beweisen nicht mehr, als daß superficielle Gewässer mit ihren organischen Bewohnern einen Zugang zum vulkanischen Herde finden, und später mit den geschmolzenen vulkanischen Produkten gemischt durch den vulkanischen Schlund wieder an die Oberfläche gelangen. In dieser Beziehung sind Ehrenberg's Entdeckungen von hohem Interesse und werden es immer mehr durch die Ausdehnung, welche sie unter seinen rastlosen Händen erhalten. Namentlich scheint es mir von Wichtigkeit zu sein, durch die organischen Beischlüsse den Nachweis liefern zu können, daß zu gewissen Vulkanen (Island, Eifel) süße Gewässer einen Zugang haben, weil von ihnen Süßwasser-Organismen ausgeworfen werden, während andere Vulkane Seegeschöpfe (Patagonien) heben, und wieder andere nur unorganische Produkte (canarische, liparische Inseln). Man vergl. die Berichte über die Verhandl. der Berl. Akademie. Juni 1846.

wähnt; sie bildet daher mitunter, wenn sich diese Wassermassen zu wirklichen Gewitterregen anhäufen, was am Vesuv mehrmals der Fall gewesen ist, einen schlammigen Ueberzug auf dem Boden, und rechtfertigt in dieser Form die übliche Bezeichnung eines Aschenregens.

Leichter erklärt sich der Ursprung jener glühenden Körper, welche unter Explosionen durch die Dampfwolken emporsteigen und fallend die mancherlei Bruchstücke bilden, welche man in Italien Lapilli oder Rapilli (nach der Sprechweise des gemeinen Volkes, welche sich sonderbarer Weise in diesem Falle die größere wissenschaftliche Geltung erworben hat) zu nennen pflegt. Sie sind ihrer ganzen Beschaffenheit nach Bruchstücke der Kraterwände oder losgerissene Lavamassen, welche die entweichenden Dämpfe sowohl abtrennen, als auch emporschleudern. Von der jedesmaligen Kraft, die eine solche durchbrechende Dampfmasse besitzt, hängt theils die Größe der Lapilli, theils die Entfernung ab, bis zu welcher sie emporgeschleudert werden, und ebenso folgt aus ihrem Ursprunge von der Kraterwand oder aus der Lava selbst ihre bald schwarze, bald glühend rothe Farbe und Beschaffenheit. Lapilli der zweiten Art erkalten natürlich sehr schnell, weil sie nur wenig Umfang haben, und nehmen aus demselben Grunde die Glasform der Laven an, gleichen also Schlacken völlig. Eben deshalb zerspringen sie so leicht und zertheilen sich in viele kleine Stücke von Erbsen- bis Nußgröße. Ist ihr Emporsteigen mit Detonationen verbunden, so scheinen sich entzündende, hell aufflammende Gase[6]) sowohl die Ursache des Knalles, als auch des Emporschleuderns der Materien zu sein, welche später zu Lapilli sich gestalten; dagegen ist ein stärkeres Andrängen nicht entzündlicher Dämpfe mit Erderschütterungen und Hebung von Lava verbunden. Beide Erscheinungen sind also Resultate einer Ursache, sie erklären es, warum mit den letzten Hebungen, durch welche die aufgehäuften Lavamassen über den Kraterrand emporsteigen, auch die stärksten Erschütterungen des Bodens verbunden zu sein pflegen.

Von dem letzten Auswurfsstoffe, der Lava, ist schon im vorigen Abschnitte ihren Bestandtheilen und ihrer Form nach die Rede gewesen, es scheint daher unnöthig, hier andere Eigenheiten als solche zu erörtern, die dort noch nicht zur Sprache gebracht werden konnten. Besonders ist es die Art des Emporsteigens, welche uns sowohl in ihren Erscheinungen, als auch in ihren Ursachen interessiren muß. Zwar hebt sich die im Krater stehende Lava, wie bereits früher erwähnt wurde, nach und nach, aber nicht bloß zur Zeit der Eruption, sondern öfters schon lange vorher, ehe noch

---

6) Man hat viel gestritten, ob die Feuererscheinungen bei einer Eruption wirkliche Flammen sind, oder bloß von glühenden Körpern herrühren. Es scheint jetzt diese Meinungsverschiedenheit dahin entschieden zu sein, daß wahre Flammen nur von Zeit zu Zeit unmittelbar an den Spalten und Rissen des Kraters sich zeigen, die großen Feuermassen der Dampfsäule aber von der glühenden Asche hervorgebracht werden. —

irgend eine andere Eruptionserscheinung wahrgenommen wird. Wir müssen zu diesem Endzweck die Beschaffenheit des Kraters kurz nach einem Ausbruch betrachten und bemerken, daß derselbe bald nachdem die Lava abgeflossen ist, zusammenzustürzen und zu einem tiefen Trichter sich zu gestalten pflegt, dessen Grund selbst eine Einsenkung, gleichsam ein Abzugsrohr ins Innere besitzt. Dieser Kanal verstopft sich in der Regel zuerst und verschließt dadurch den innern Theilen des Vulkans ihre Mündung. Geraume Zeit, selbst Jahre, ja Jahrzehnte kann der Krater die Beschaffenheit einer trichterartigen Vertiefung behalten, und so lange sie bleibt, ist alle Furcht vor Eruptionen unnöthig; bemerkt man aber, daß der Boden des Trichters sich zu heben anfängt, daß der Trichter immer flacher und flacher wird, so ist ein Zeichen vorhanden, daß Eruptionserscheinungen bevorstehen. Doch können noch Jahre über ihre Ausbildung hingehen. So fand Babbage den Krater des Vesuvs gleich nach der Eruption im Jahre 1822 an der höchsten Stelle des Randes 880, an der niedrigsten etwas über 430 Fuß tief, welche Tiefe bis März 1827 unverändert blieb; von der Zeit an hob sich der Grund bis zum August 1830 um 200 Fuß, und diese Hebung dauerte in gleichem Grade bis zum September 1831 fort, um welche Zeit ein im alten Krater gebildeter neuer Eruptionskegel den früheren Kraterrand überragte. Lavamassen, die in seiner Umgebung hervorquollen, glichen den Unterschied zwischen ihm und dem alten Kraterrande völlig aus, und flossen endlich im October desselben Jahres über die tiefsten Randstellen in mehreren Strömen am Kegel hinunter; ein Phänomen, das drei Jahre hinter einander absatzweise fortdauerte, bis im August des Jahres 1834 der neue Kegel unter heftigen Erschütterungen einsank und einen Trichter hinterließ, aus dessen Grunde zwei unabsehbare, durch einen schmalen Damm getrennte Schlünde ins Innere hinabführten. — Die eben erwähnte Art, wie die Lava sich hebt, ist übrigens die gewöhnliche; sie steigt zwar anfangs durch gleichmäßige Hebung des Bodens im Krater, allein später, wenn die obersten Schichten zäher geworden sind, bilden sich auf dieser Decke neue Eruptionskegel, an deren Seiten, wie an den Rändern des alten Kraters, von Zeit zu Zeit glühende Lavaströme hervorbrechen und den Boden durch Ueberfließen erhöhen, bis auch sie wieder zäher geworden von späteren Strömen überfluthet werden. Der letzte von diesen bahnt sich dann über den Kraterrand einen Weg, und fließt am Berge hinunter, doch gewöhnlich nur eine kurze Strecke; der Hauptabfluß der Lava erfolgt durch eine neu entstandene Spalte des Kegels näher dem Fuße und stürzt mit um so größerer Gewalt hervor, je tiefer am Berge abwärts diese Mündung befindlich ist. Nur bei sehr heftigen Eruptionen sind solche Ströme mächtig genug, um sogleich bis in die Ebene gelangen und hier sich ausbreiten zu können 7).

---

7) Bei der Eruption des Aetna vom November 1843 durchfloß die Lava in 8 Tagen (vom 17.—25.) einen Raum von 5 geogr. Meilen Länge und erreichte dabei

Daß die Ursachen dieser Hebungen in der Ausdehnung neu gebildeter, einen Ausweg suchender Gase oder Dämpfe ihren Grund haben, wird allgemein und mit Recht angenommen. Ihre Expansionen verursachen anfangs die Erschütterungen des Bodens, welche wirklichen Eruptionen vorangehen pflegen, und da die Decke überall am leichtesten nachgiebt, wo der geringste Widerstand ist, so treiben sie in der Richtung des Kraters diesen Widerstand empor, entweichen auch zum Theil auf derselben Bahn, heben dabei fortdauernd die Decke, schleudern beim Durchbruch Asche und Lapilli heraus, und sprengen endlich die Wand des Kegels, wenn die im Krater aufgehäufte Lava einen zu großen Druck auf die in der Tiefe steckenden Dämpfe ausübt, und sie nöthigt, durch die Kraterwand selbst einen Ausweg zu suchen. Inzwischen sind die heißen Schlünde durch diese Spalte entleert, die pressenden Dämpfe entweichen nach oben, und führen Asche, Bruchstücke des Kegels aller Art mit empor; kein Widerstand hält die noch unten im Krater befindliche Lava, ihrer Schwere gemäß zu fallen, sie sinkt wieder in die Tiefe hinab, der alte Schlund bildet sich aufs Neue, und die ganze Erscheinung wiederholt sich in ähnlicher Weise nach Verlauf eines Zeitraums, der ausreichte, neue hebende Dämpfe, neue Eruptionsstoffe zu bilden. Dies ist in Kurzem die Theorie aller Eruptionen; verfolgen wir dieselbe noch ausführlicher an den Bodenerschütterungen, welche sie begleiten oder ihnen vorhergehen, aber auch selbstständig an vielen Orten, die keine thätigen Vulkane besitzen, auftreten.

6.

Erdbeben, ihre Ursachen und Wirkungen. — Stehen im Zusammenhange mit Vulkanen.

Unter allen Naturerscheinungen, die den Menschen mit Schrecken und Angst erfüllen, die Allgewalt der im Verborgenen wirkenden Naturkräfte offenbaren, und ihn in seiner Ohnmacht solchen Kräften gegenüber zeigen, sind die Erdbeben die großartigsten und ergreifendsten; denn sie vernichten in einem einzigen Moment volkreiche Städte mit ihren Bewohnern, senken Ebenen in die Tiefe, treiben Berge aus ihnen hervor, und ergießen aufgethürmte Wogen über das wehrlose Festland, Alles zerstörend, was der

---

stellenweis $1/4$ Meile Breite. Die Spalte, aus welcher dieser mächtige Lavastrom hervorbrach, befand sich gegen Westen in der wüsten Region des Berges, war 400 Schritte lang und etwa 50 Schritte breit; sie entstand aus 10 einzelnen Eruptionspunkten, die in radialer Richtung hinter einander lagen. — Seit dem Schluß des Jahres 1852 hat der Berg wieder einen sehr heftigen Ausbruch gemacht und große Verwüstungen durch seine Lavaergüsse angerichtet. Erst im März des folgenden Jahres wichen die letzten Zeichen seiner Thätigkeit. —

Mensch im Schweiß seines Angesichts seit Jahrhunderten mühsam auf ihm sich erworben und von Geschlecht zu Geschlecht fortgeerbt hat. Deshalb sind sie mit Recht die gefürchtetsten aller Schrecknisse, furchtbarer als Feuers- und Wassersnoth, furchtbarer noch als beide mit Stürmen vereint, wenn die tobende Windsbraut sich der Flammen bemächtigt, oder schäumende Wellen über die Ebenen treibt; denn stets ist die Zerstörung, welche diese Elemente anrichten, eine mehr örtliche, auf kleinere Flächen beschränkte. Aber die Erdbeben durchzucken mit einem Male ganze Provinzen, zerstören mit einem einzigen Schlage die größten Städte, und begraben Tausende zu gleicher Zeit unter ihren Trümmern. Nie hat eine Feuersbrunst, eine Wassersnoth, oder ein Orkan 40,000 Menschen auf einmal getödtet, wie 1794 am 4. Februar das große Erdbeben, welches Quito zerstörte, oder 1755 bei dem Erdbeben, welches vom 1. November an Lissabon verheerte, und wobei 24,000 Menschen umkamen. In Calabrien rechnete man nach dem großen Erdbeben vom Februar 1783 über 30,000 Todte; das Erdbeben zu Caracas am 26. März 1812 begrub 10,000 durch vorangegangene leichtere Stöße sorglos gewordene Einwohner unter den Trümmern der Stadt [1]).

Phänomene von so gewaltigen Wirkungen können nicht ohne Einfluß sein auf die Gestaltung der Erdoberfläche, und da unter allen bisher betrachteten Umwälzungsursachen die Erdbeben offenbar die großartigsten sind, so werden wir schon deshalb ihnen eine Hauptrolle in den Revolutionsepochen zuerkennen müssen. Von ihrer Bedeutung in diesen werden wir aber nur dann eine klare Vorstellung gewinnen können, wenn wir ihre Wirkungen in gegenwärtiger Zeit genauer kennen gelernt haben.

Die Bewegungen des Bodens, welche wir mit dem Namen von Erdbeben belegen, zeigen eine dreifache Verschiedenheit, und sind theils stoßförmige, theils wellenförmige, theils wirbelnde. Wie verschieden in sich diese drei Bewegungen auch sein mögen, dennoch scheint keine allein ein Erdbeben von irgend einer Bedeutung zu bilden, vielmehr in jedem je nach den verschiedenen Standpunkten der Beobachter die eine oder die andere Bewegung sich gleichzeitig kund zu geben. Am seltensten jedoch, und immer nur bei den gewaltigsten Erschütterungen, hat man die wirbelnde oder drehende Bewegung wahrgenommen. Kleine einfache Schwankungen des Bodens verrathen sich gewöhnlich unter der Form von Wellenbewegungen; einzelne isolirte doch oftmals ziemlich heftige Bewegungen scheinen von senkrechten Stößen herzurühren, und in einem einmaligen Auf- und Absteigen

1) Das Jahr 1846 ist außerordentlich reich an Erdbeben und vulkanischen Erscheinungen gewesen; zu den bedeutendsten gehörten das Erdbeben in Toscana am 14. August, und die große Eruption des Hekla seit dem 2. September 1845. In Deutschland wurden besonders die Rheingegenden am 29. Juli heftig erschüttert. Vergl. die Schriften von Nöggerath (das Erdbeben v. 29. Juli. Bonn 1847. 4.) und Bögner (das Erdbeben und seine Erscheinungen. Frankf. a. M. 1847. 8.)

des Bodens mit nachfolgenden leichteren Erzitterungen zu bestehen. In jeder großartigen und gewaltigen Erderschütterung aber zeigt es sich deutlich, daß in der Gegend der heftigsten Einwirkungen die Bewegung einem drehenden Wirbel gleicht, der den einfachen Hauptstoß umgiebt, und von ihm aus sich wellenförmig nach allen Seiten in die benachbarten Umgebungen fortpflanzt. So war es namentlich bei den gewaltigen Eruptionen, die Calabrien und Lissabon zerstörten.

Daß Erdbeben von unterirdischen, nach oben drängenden Gewalten herrühren, ist keinem Zweifel mehr unterworfen; auch ergiebt sich aus dieser Art ihres Ursprungs von selbst die schon erwähnte Verschiedenheit der Bewegungen. Geht die drängende Kraft senkrecht nach oben, von gleichmäßig leitenden Erdschichten fortgepflanzt, so wird das Resultat derselben eine einfach aufstoßende Bewegung sein müssen, die in dem ganzen erschütterten Erdstrich um so weniger sich fühlbar macht, je weiter der getroffene Punkt von derjenigen Stelle, auf welche der Stoß senkrecht wirkte, entfernt ist. In einem solchen Falle läßt sich um die Bewegungen ein Kreis oder eine Ellipse zeichnen, innerhalb welcher sich der Landstrich befindet, auf den der Stoß seine Wirkungen äußerte. Diese Fläche bildet den Erschütterungskreis, und seine Bestimmung, Größe, Ausdehnung und Lage zu benachbarten Umgebungen, zumal Gebirgen, ist wichtig, wenn man Erdbeben mit wissenschaftlicher Schärfe feststellen und ihre Beziehungen zu anderen Erscheinungen abwägen will. Aber nicht alle Erdbeben wirken in dieser Art, viele zeigen sich bloß einseitig in einer bestimmten Richtung, und werden innerhalb dieser Richtung ebenfalls mit verschiedener Intensität beobachtet. Solche Erdbeben haben immer eine wellenförmige Bewegung, und bringen durch dieselbe höchst merkwürdige Wirkungen hervor. Während nämlich bei senkrechten Stößen, und noch mehr bei Wirbelbewegungen, die Oberfläche und besonders die auf ihr befindlichen Gebilde des menschlichen Kunstfleißes, vollständig zertrümmert zu werden pflegen, sobald der Stoß mit irgend einer genügenden Heftigkeit wirkte; ist es bei gradelinig fortschreitenden Wellenbewegungen häufig und auch einleuchtend, daß senkrecht gegen die Stoßlinie stehende Gegenstände zertrümmert werden, während die ihr folgenden oder parallelen unversehrt bleiben. Diese Thatsache ist wichtig für spätere Beobachter, welche aus den Wirkungen auf die Ursachen und Richtungen der Bewegungen schließen müssen; denn es giebt ihnen die Untersuchung der Trümmer ein Mittel an die Hand, zunächst die Richtung und dann vielleicht auch die Ursache zu erkennen. Auch die bloße Beobachtung des Bodens kann dies leisten, wenn derselbe zertrümmert wurde und Spalten riß; was bei heftigen Erdbeben nicht selten der Fall ist. Liegen die entstandenen Spalten parallel und in einer Richtung, so weisen sie auf kleinere Erdbeben mit Wellenbewegung verbunden hin; gehen die Spalten strahlenartig von einem Mittelpunkte aus, so wird der Erdstoß ein einfacher senkrechter gewesen sein; bilden sie Bogen um einen Mittel-

punkt, so werden wir an wirbelnde Erdstöße denken müssen. Die Beachtung dieser verschiedenen Erscheinungen ist übrigens für die Erklärung früherer Erdbildungsphänomene von großer Wichtigkeit und kann besonders, wie sich bald zeigen wird, über die Form der Gebirge und Gebirgszüge interessante Aufschlüsse ertheilen. Beachtenswerth ist in dieser Beziehung auch die Art und Weise, in welcher aufeinander folgende Stöße sich zu einander ordnen: ob sie sich auf derselben Stelle wiederholen, ob sie in einer Richtung einander folgen, oder ob sie über eine gewisse Fläche sich vertheilen. Das Erdbeben, welches 1783 Calabrien verwüstete, bot z. B. den zweiten der drei unterschiedenen Fälle dar; seine drei Hauptstöße vom 5. Februar, 7. Februar und 28. März lagen in einer Linie hinter einander, jeder Stoßpunkt etwa um 5 — 6 Meilen vom anderen nordostwärts entfernt. Die gerade Linie, welche sie beschrieben, folgte dem Hauptzuge der Calabrien durchlaufenden Bergkette, auf dem westlichen Abhange gegen Sicilien hin sich haltend. Aus dieser Lage der Stoßpunkte erklärt es sich leicht, warum die Ostseite Calabriens viel weniger betroffen wurde, als die westliche, warum ferner die Gegenden in der Richtung der Stoßlinie so grauenvoll verwüstet waren, und warum endlich noch bis nach Sicilien hinein die Stöße verheerend wirkten, während die Ostseite Calabriens ziemlich verschont blieb. Offenbar setzte nämlich der starke Gebirgsstock den Erschütterungen nach dieser Seite hin einen Damm entgegen, und schwächte sie durch seine Festigkeit; während die leichter beweglichen Schichten am Westabhange nicht bloß überhaupt stärker erschüttert wurden, sondern auch in der Richtung der Erschütterungsradien gegen das Meer hin einfallen, mithin zur Fortpflanzung der Erschütterungen, die sie selbst erfuhren, nach dieser Seite hin sich ganz besonders eigneten.

Sehr wichtig ist also für die Fortpflanzung der Stöße der Boden des betroffenen Landstriches, und in dieser Beziehung zeugt das erwähnte Beispiel Calabriens für die Annahme, daß Gebirgszüge die Fortpflanzung eines Erdbebens senkrecht gegen ihre Streichungslinie hemmen, daß sie dagegen der Ausbreitung desselben in der Richtung der Streichungslinie ganz besonders günstig zu sein scheinen. Diese Annahme ist in der That durch vielfache ähnliche Wahrnehmungen als eine allgemeine Wahrheit bestätigt; sie hat namentlich durch Beobachtung der Erderschütterungen in der Cordillerenkette, diesem großartigsten aller von vulkanischen Erscheinungen umgebenen Höhenzüge, eine vielfältige Bestätigung gefunden. Ganz Süd-Amerika, vom Feuerlande bis zum mexikanischen Meerbusen hinauf, wird von einer fortlaufenden, nur stellenweis unterbrochenen Reihe von Vulkanen durchzogen, die immer dem hohen Gebirgskamme der Cordilleren folgen, und größtentheils auf ihm selbst ruhen. Bald hinter Quito theilt sich dieser Kamm in zwei Arme, der eine westliche streift durch die Landenge von Panama nach Mexiko und Nord-Amerika hinauf, der andere östliche wendet sich zum Meere nach Caracas, geht an der Küste fort, bis

er die kleinen Antillen erreicht, und setzt sich durch diese unter dem Meere bis nach Portoriko fort, neben Haiti, Jamaika, Cuba zur Halbinsel Yucatan zurückkehrend. Nur innerhalb der durch diese Streichungslinie vorgezeichneten Richtung liegen die großen furchtbarsten aller Erderschütterungen, welche Amerika so oft heimgesucht haben, und in kleineren minder gewaltsamen Spuren fast jährlich heimsuchen; sie folgen dem Laufe der großen Bergkette genau und entfernen sich von ihr im Ganzen so wenig, daß eigentlich sie allein als der Erschütterungskreis erscheint, den die gewaltsamsten aller Bebungen des Bodens berühren. Das Centrum der einzelnen Erschütterungen liegt immer neben dem Hauptgebirgsstock, bald auf der Ost-, bald auf der Westseite, und folgt seiner Richtung theils auf-, theils absteigend in vielfachen Modificationen der jedesmaligen Wirkungen.

Indessen ist das keineswegs die einzige Art, wie Erdbeben sich ausdehnen und fortpflanzen; man hat sogar einige beglaubigte Beispiele, daß sie Gebirgskämme in querer Richtung durchschneiden, von dem einen Abhange auf den anderen übergehen können. Die häufigsten dieser Erdbeben finden sich in Mexiko, und hier scheinen sie durch die in derselben Richtung verlaufende Vulkanen-Reihe bedingt zu sein, welche dem Gebirgszuge der Inseln Jamaika, Haiti und Portoriko ziemlich parallel gehend genau von Westen nach Osten über die Landenge durch die Cordilleren hin sich fortzieht. In dem Falle folgt also die Stoßlinie nicht dem Hauptgebirgszuge, sondern vielmehr dem ihn durchsetzenden Vulkanenzuge; und ist im Grunde keine verschiedene, sondern eine bloß modificirte ähnliche Richtung. Allein auch unabhängig von solchen Bedingungen hat man quer über Gebirgszüge laufende Erdbeben beobachten können, so namentlich eins bei Cumana, worüber A. v. Humboldt Mittheilungen machte, und ein anderes zwischen Genua und Voghera, quer über die Apenninen; ein drittes zwischen Sciacca und Palermo während der Bildung einer neuen Insel im Mittelmeer, wovon unten das Nähere bemerkt ist.

Die Wirkungen, welche Erdbeben auf die Umänderung der Erdoberfläche auszuüben im Stande sind, werden wir übrigens nicht sowohl aus den Zertrümmerungen menschlicher Bauwerke abnehmen können, sondern um vieles richtiger aus den wirklichen Veränderungen ersehen, welche die natürliche Erdoberfläche durch sie erleidet. In dieser Beziehung ist es indeß nöthig zu bemerken, daß bei weitem die meisten Erdbeben der gegenwärtigen Periode keine bedeutenden Veränderungen hervorbringen, sondern sich bloß auf momentane Erschütterungen des Bodens beschränken. Nur die heftigsten Stöße wirken gewaltsamer und veranlassen Niveauveränderungen, die zwar ihrem Grade nach sehr verschieden sind, aber doch immer in Hebungen oder Senkungen bestehen. Was erstere betrifft, so hat man wohl wirkliche Hebungen des ganzen Bodens beobachtet, aber doch ungleich seltener, als Aufhäufungen neuer Stoffe, die aus entstandenen Spalten hervor-

brachen, und durch sich selbst und ihr Emporsteigen die Niveauveränderung bedingten. Eine wirkliche Hebung [2]) des Bodens fand indessen auch bei dem großartigsten Phänomen dieser Art, welches der Bildung des neuen mexikanischen Vulkans von Jorullo am 28. September 1759 voranging, statt. Auf einer Fläche von mehr als 4 Quadratmeilen Umfang hob sich der bis dahin ebene Boden gleich einem Gewölbe, dessen Mitte nahe an 500 Fuß aufstieg, und zerriß in vielfache Spalten, aus denen kleine Kegel von 6—10 Fuß Höhe hervorkamen. Zwischen ihnen entstand der Hauptvulkan aus einer großen Spalte, welche von WNW nach OSO, also ziemlich in derselben Richtung riß, in welcher die Reihe der Vulkane quer durch Mexiko streicht, und thürmte sich bald bis zu einer Höhe von 1500 Fuß auf. Unaufhörlich spie er rauchende Flammen aus, schleuderte glühende Massen empor, und blieb bis Mitte Februar 1760 in fast ununterbrochener Thätigkeit. Selbst als am Anfange unseres Jahrhunderts A. v. Humboldt diese Gegenden besuchte, rauchte er noch, und die kleinen Kegel, Horritos (Oefen) genannt, stießen fortdauernd ihre heißen Dämpfe aus. Ein Phänomen ganz ähnlicher Art ereignete sich an demselben Tage, doch 221 Jahre früher, bei Puzzuoli am Golf von Neapel. Häufige Erdbeben hatten diese Gegend schon seit Jahren erschüttert und vom 28. Sept. 1538 an durch mehrfache Bodenrisse zertrümmert; ein Theil der Küste hatte sich emporgehoben und die Stelle, wo später der Berg entstand, war sichtbar angeschwollen; — aber erst in der folgenden Nacht gegen 1 Uhr öffnete sich die Auftreibung wirklich, ein weit klaffender Schlund entstand, und über ihm stieg in 2 Tagen ein Berg empor, der noch jetzt eine Höhe von mehr als 400 Fuß und einen Umfang von 8000 besitzt. Seine Spitze ist mit einem Krater versehen, an dessen südwestlichem Rande sich eine deutliche, phonolithische Lavaschicht mit verschlackter Oberfläche erhalten hat; aber die Wände des Kraters bestehen hauptsächlich aus Bimssteintuff und größeren porösen Schlackenstücken, den Produkten der Eruption, welche bis zum 6. October fortdauerte und den Monte nuovo in seiner jetzigen Form hervorbrachte. Seitdem ist der Berg nie wieder thätig gewesen. — Beide Erscheinungen, deren wir, statt vieler ähnlichen, hier als der großartigsten in der Gegenwart allein gedenken, geben nicht bloß über die Entstehung aller Vulkane in der früher (S. 65) angegebenen Weise die entschiedensten Aufschlüsse, sondern sie zeigen auch am bestimmtesten, wie gewaltige Wir-

2) Die neuesten Mittheilungen über den gegenwärtigen Zustand der damals veränderten Gegend von E. Schleiden stellen die Hebung des Bodens in Abrede und machen es wahrscheinlich, daß die scheinbare Hebung durch eine sehr schnelle Aufschüttung trümmerförmiger Lavamassen bewirkt wurde. Ob indessen nicht eine vorübergehende Hebung ihrem Durchbruche voranging, und ein Theil des gehobenen Bodens in veränderter Lage stehen blieb, möchte durch Untersuchung der gegenwärtigen Ueberschüttungen schwer zu entscheiden sein. Vergl. R. Froriep, Fortschr. der Geogr. u. Naturgesch. 2. Bd. S. 14 ff.

kungen Bodenerschütterungen wenigstens einleiten, wenn auch nicht allein hervorbringen können, und wie ungeheuer wohl die Bebungen und Umgestaltungen der benachbarten Erdoberfläche gewesen sein mögen, welche mit dem Ursprunge und der allmäligen Ausbildung von Kegelbergen, wie der Aetna, der Mowna Roa auf Oweihi, der Pic von Teneriffa und die gewaltigen Vulkane in den Umgebungen Quitos, verbunden waren.

In der That werden sich Einwirkungen von bedeutendem Umfange nicht wohl in Abrede stellen lassen, wenn wir uns die Entstehung dieser mächtigen Vulkane in derselben Weise, wie die Bildung des Jorullo oder des Monte nuovo vorstellen wollen; allein andererseits dürfen wir auch nicht übersehen, daß trotz der Gewalt, womit diese jüngsten Feuerschlünde der Erdoberfläche durchbrachen, die Erhöhung des Bodens im Ganzen eine räumlich sehr beschränkte, wenn auch örtlich bedeutende war, und offenbar mehr durch die Aufschüttung neuer Massen, als durch die Hebung älterer Erdschichten bewirkt wurde. Als Gegensatz dazu lassen sich jedoch gewisse vulkanische Phänomene anführen, welche ohne irgend eine Aufhäufung eruptiver Stoffe merkliche Niveauveränderungen des Bodens, und was noch wichtiger sein dürfte, in bei weitem größerer Ausdehnung hervorbrachten. Eins der neuesten, wenigstens am genauesten ermittelten, ist die Erhebung der Chilesischen Küste von Copiapo bis Chiloe. Mit heftigen Erdstößen begann hier am 20. Februar 1835 die letzte Revolution, welche sich nicht bloß über den Küstenstrich ausdehnte, sondern auch über den dortigen Theil der Cordillerenkette erstreckte, von Lavaergüssen des Osorno begleitet wurde, und bis zur Insel Juan-Fernandez ihre Wirkungen verbreitete. Das wichtigste Resultat derselben war eine Erhebung der Meeresküste von 4—5 Fuß senkrechter Höhe, die später allmälig nachließ, binnen 6 Wochen auf zwei Fuß herabsank und in dieser Höhe stehen blieb. Chili scheint überhaupt unter allen Gegenden der Erdoberfläche die häufigsten Niveauveränderungen selbst in historischer Zeit erlitten zu haben; denn nach Untersuchungen von Darwin zeigen sich bei Coquimbo wenigstens 5 Terrassen älterer Küsten; ja nach demselben Beobachter beträgt die Erhebung des Bodens an manchen Stellen 1000—1300 Fuß und hält durchschnittlich 400—500. Diese bedeutende Veränderung des Festlandes gegen das Meer muß aber seit der Diluvialepoche erfolgt sein, oder kann wenigstens nicht aus einer beträchtlich älteren Periode stammen, weil die Schaalen derselben Muscheln, welche jetzt das dortige Meer bewohnen, auch in den früheren Strandbildungen angetroffen werden. In der That läßt sich eine öftere Wiederholung der Küstenerhebung Chilis um so weniger bezweifeln, als dieselbe nicht bloß das eine Mal wirklich eintrat, sondern schon früher, während heftige Erdstöße vom 19. November 1822 bis zum September des folgenden Jahres diese Gegend heimsuchten, in gleicher Weise erfolgt war. Damals betrug die durchschnittliche Hebungshöhe am Meeresufer selbst 4 Fuß, obgleich stellenweis sich Niveauunterschiede von

$11^1/_2$ Fuß bemerklich machten; noch höher wurde das Festland in seinem Innern gehoben, selbst bis 2 Meilen weit vom Ufer, wo die Größe der Emporhebung zwischen 5—7 Fuß schwankte. Schwerlich wird sich übrigens in Abrede stellen lassen, daß man in dergleichen Hebungen die Resultate vulkanischer Kräfte anzuerkennen habe; zumal wenn man bedenkt, daß sie wenigstens an dieser Stelle nie ohne Bodenerschütterungen und sie begleitende vulkanische Erscheinungen eintraten [3]). —

Besonders wichtig für die Bestimmung der Bodenveränderungen, die durch Erdbeben hervorgebracht werden, ist der Antheil, den an ihnen das Meer nimmt. Wir kennen kein Erdbeben von irgend einer Bedeutung, das, in den Bereich von Meeresküsten fallend, nicht auch dieses Element gewaltsam aufgeregt und zu Veränderungen der Niveauverhältnisse veranlaßt hätte. Schon Plinius, der älteste Schriftsteller über die Phänomene, welche den großen Ausbruch des Vesuvs vom Jahre 79 unserer Zeitrechnung begleiteten, spricht von einem auffallenden Zurücktreten des Meeres während der Eruption, das lediglich durch ein Emporsteigen des Ufers, oder wo dieses nicht stattfand, durch Schwankungen des Bodens, welche

3) Ein Phänomen anderer Art, dessen hier nur seiner äußeren Aehnlichkeit wegen gedacht wird, scheint die fortdauernde Erhebung Schwedens zu sein. Seit fast 100 Jahren, zuerst durch Celsius, auf diese merkwürdige Erscheinung hingewiesen, können wir es nunmehr für eine entschiedene, besonders von L. v. Buch festgestellte Thatsache ansehen, daß der ganze Küstenrand Scandinaviens von Friedrichshall bis nach Åbo in Finland sich langsam über den Meeresspiegel erhebt und während der historischen Zeit wenigstens um 200 Fuß gestiegen ist. Die Hebung nimmt sichtbar ab, je weiter man nach Süden kommt, und ist an den Küsten Schonens unmerklich; dagegen zeigt sie sich noch deutlich bei Stockholm und am sichtbarsten in der Gegend von Torneå und Piteå, wo innerhalb 30 Jahren gegen eine Meile breites Küstenland vom Wasser befreit wurde. Es scheint, als wenn 40 Zoll Steigung die Mittelzahl eines Jahrhunderts angiebt. Indeß kann die Hebung nicht immer gleichmäßig zugenommen haben, es müssen auch Senkungen wieder eingetreten sein, wie andere Thatsachen, namentlich eine in 60 Fuß unter der jetzigen Oberfläche nahe bei Stockholm aufgefundene Fischerhütte, welche ursprünglich am Meeresufer stand, beweisen. Daraus würde hervorgehen, daß Schweden abwechselnd sich hebe und senke oder wenigstens früher auch einmal sich gesenkt habe; und da dieselbe Erscheinung, wie sonderbar es auch klingen mag, von einer Küstenstrecke der Bai zu Bajä, wo der vielbesprochene Serapistempel steht, mit den Bohrlöchern der Lithodomi in seinen Säulen, 23—28 Fuß über dem jetzigen Wasserspiegel, aufs Bestimmteste nachgewiesen ist (besonders durch Fr. Hoffmann in Karsten's Archiv III. S. 374), so würde sie auch für Scandinavien zulässig sein. Freilich scheinen Erdbeben und vielfache vulkanische Kräfte, welche mit den Vorgängen am Serapistempel zu Bajä erwiesenermaßen im Zusammenhange stehen, die Hebung Schwedens nicht zu bewirken, denn es fehlt durchaus an Beobachtungen, welche uns darüber Nachweis ertheilten. Und doch muß das ganze Phänomen ein örtliches, auf das nördliche Scandinavien beschränktes sein, weil weder an den südlichen deutschen, noch an den westlichen dänischen Küsten der Ostsee eine ähnliche Zunahme des Ufers bemerkt wird, eine solche aber nothwendig eintreten müßte, wenn man die Erhebung Schwedens als nur scheinbar ansehen und die Zunahme des Küstenstrichs aus dem Fallen des gesammten Ostseespiegels herleiten wollte. —

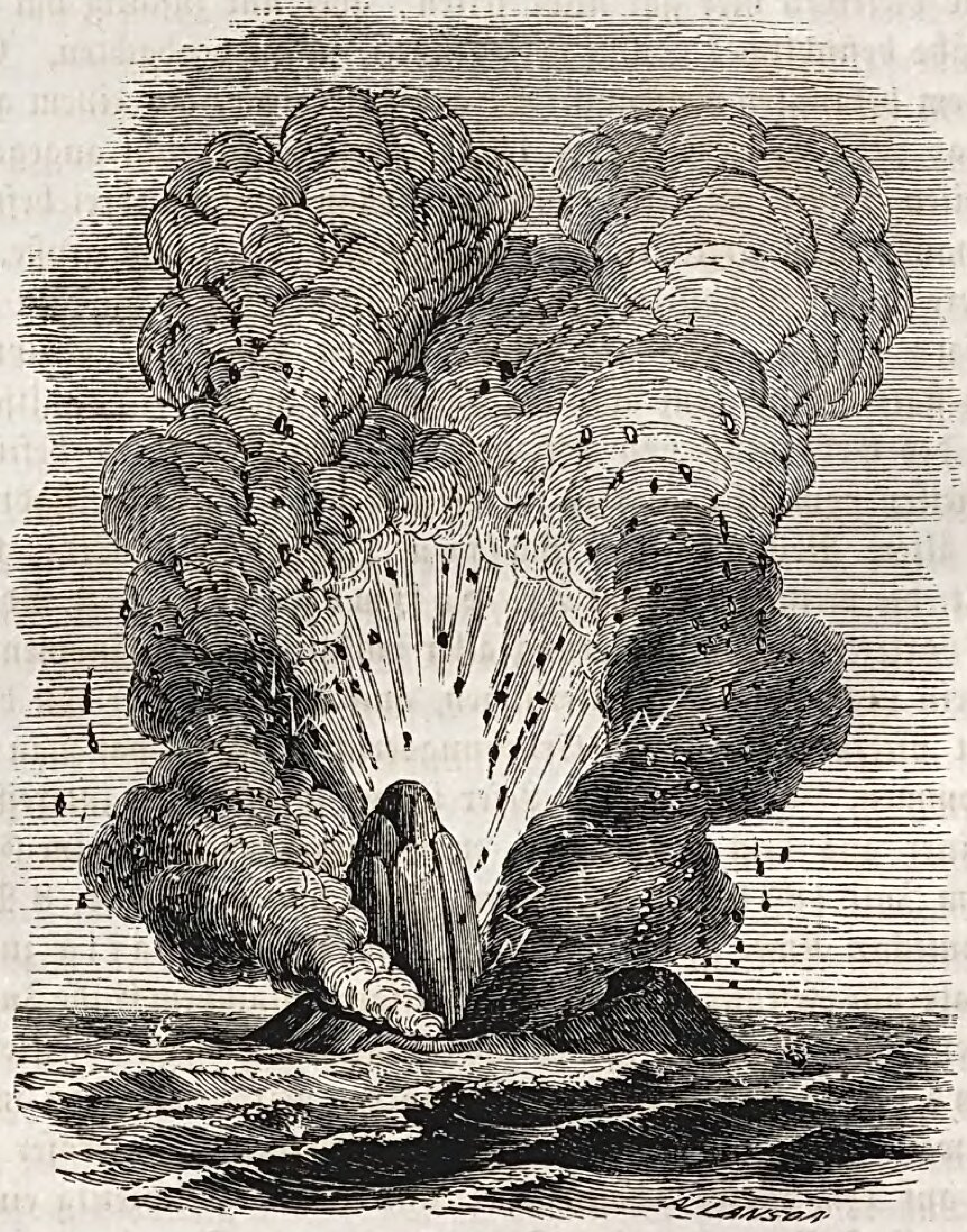
sich dem leichter beweglichen Elemente mittheilten, bedingt sein kann. Bei dem geschilderten Durchbruch des Monte nuovo trat das Meer gegen 200 Fuß vom Ufer zurück, und da mit seinem Emporsteigen eine allgemeine Hebung des benachbarten Bodens zugleich erfolgte, so erklärt sich das Zurücktreten des Wasserspiegels aus ihr von selbst. Aber nicht immer tritt das Meer zurück, oftmals greift es auch über seine früheren Grenzen hinüber. So namentlich beim Erdbeben von Lissabon. Anderthalb Stunden nach dem ersten heftigen Stoß am 1. November begann der Tajo zu schwellen, und hob sich 40 Fuß höher als zur Zeit der stärksten Fluth; bald darauf fiel er wieder, und zwar ebenfalls tiefer als die niedrigste Ebbe, und in ähnlicher Weise schwankte er mehrmals auf und nieder. Gleichzeitig mit dieser Bewegung des Tajo bemerkte man Schwankungen des atlantischen Oceans, sowohl an seinen östlichen, als auch an seinen westlichen Küsten; selbst in die Nordsee hinein erstreckten sich ihre Wirkungen, und wurden z. B. bei Glückstadt an der Elbe um 11 Uhr 30 Minuten wahrgenommen. Manche der größeren Seen zeigten Erschütterungen, besonders die Schweizer Seen; aber auch an anderen, selbst in der Mark Brandenburg und in Schweden, spürte man Bewegungen. Ueberhaupt sind wenige Erdbeben so ausgebreitet gewesen, wie dieses, und keines hat in den verschiedensten und entferntesten Punkten so gleichzeitige Wirkungen hervorgebracht, als das eben genannte. Momentan stockten um diese Zeit die Teplitzer Quellen; der Vesuv, welcher seit 8 Uhr ausgeworfen hatte, ward ruhig um die Zeit des Stoßes, der Lissabon zerstörte; an allen Küsten der westindischen Inseln stieg die Fluth zu ungeheurer Höhe empor. Dies und das spätere Schwellen des Tajo zeugt nicht bloß für die Heftigkeit des Stoßes, sondern auch für die Richtung desselben, welche radienartig von Lissabon ausstrahlte und nach allen Seiten hin sich erstreckte. Daher konnte der Tajo erst steigen, als die westwärts fortgeschleuderten Wasser des Oceans in ihre horizontale Ebene zurückkehrend nach den physikalischen Gesetzen der Wellenbewegung auch ostwärts stiegen, und zwischen beiden Extremen schwankend nach und nach ihre vormalige Stellung wieder erlangten. — Noch viel gewaltiger waren die mit Erdbeben verbundenen Meeresbewegungen an manchen Küsten und Inseln Amerikas. Keine unter den letztern ist häufiger erschüttert worden, als Jamaika, und keine so selten wie Cuba. Erstere, freier in die Caraibische See hinausgestoßen, als irgend eine andere Insel der Antillen, besitzt zwar keinen noch thätigen Vulkan, ist aber vielleicht eben deshalb ein Herd gewaltiger Erschütterungen, die fast jährlich in größeren oder geringeren Spuren sich zeigen. Eine der heftigsten fand am 7. Junius 1692 statt und zerstörte Kingston fast völlig. Das Meer war während dieses Erdbebens so aufgeregt, daß es in die Straßen der Stadt drang, und eine große Fregatte, welche auf dem Werft lag, mitten unter den Häusertrümmern niedersetzte. — Ebenso große Verwüstungen richtete das von mäch-

tigen, aufgethürmten Meereswogen begleitete Erdbeben am 28. October 1746 zu Lima an. Hier zählte man binnen 24 Stunden gegen 200 Stöße. Nach dem ersten heftigsten von allen, der Abends $10^1/_2$ Uhr statthatte, schwoll das Meer in der Nacht angeblich 80 Fuß über sein gewöhnliches Niveau und vernichtete die Hafenstadt Callao mit ihren 5000 Bewohnern so vollständig, daß nach dem Rücktritt des Wassers nur noch die Grundmauern der Festungswerke sichtbar waren. Mehrere Schiffe, die im Hafen lagen, flutheten über die verschlungenen Häuser weg, und vier strandeten eine Stunde landeinwärts zwischen Landhäusern und Gärten. Ihre Mannschaften waren fast die einzigen Geretteten.

Bewegungen des Oceans, die von Erdbeben herrühren, bemerkt man übrigens nicht bloß an den Küsten, sondern selbst auf offenem Meere. Und gewiß sind dieselben hier gar nicht selten, aber nur zufällig hat ein gerade in der Nähe befindliches Schiff Gelegenheit, sie zu beobachten. Eine solche bot sich dem bekannten Reisenden Shaw dar, als er auf einem algierischen Schiffe das Mittelmeer im Jahre 1724 (der Tag ist nicht angegeben; siehe dessen Reisen 1. Bd. S. 303) befuhr. Man empfand drei heftige Stöße hinter einander und Erzitterungen des Schiffes, wie wenn große, 30 Tonnen schwere Lasten in dasselbe geworfen würden. In demselben Jahre war der Vesuv thätig, und in Island fanden ungeheure Eruptionen des Krabla statt. Eine ganz ähnliche Erfahrung machte ein englisches Schiff während des Erdbebens von Lissabon; es empfand einen heftigen Stoß 50 Seemeilen vom Ufer, als es im Begriff war, der Hauptstadt zuzueilen. Mehrere ältere Beispiele hat Büffon (Theorie der Erde 16. Cap.) gesammelt, die meisten erwähnt Fr. Hoffmann (Werke, 2. Bd. S. 352) in seiner vortrefflichen Schilderung aller vulkanischen Phänomene.

Allein nicht bloß Erschütterungen, auch die Erdbeben von bedeutender Intensität öfters begleitenden Erhebungserscheinungen hat man im Ocean wahrgenommen. Vielen meiner Leser ist gewiß noch das interessante Phänomen einer aus dem Mittelmeere emporsteigenden Insel im Gedächtniß, welches im Juli 1831 dem Städtchen Sciacca gegenüber, 8 Meilen von der sicilianischen Küste in der Richtung nach Pantellaria zu stattfand, und damals alle Zeitungsschreiber beschäftigte. Nachdem Ende Juni mehrere unbedeutende Erdstöße, die sich in querer Richtung durch Sicilien bis nach Palermo hin fortpflanzten, verspürt worden waren, sah man am 12. Juli zuerst unweit Sciacca eine große Menge kleiner fein poröser Schlackenstückchen auf dem Meere schwimmen, und nahm gleichzeitig einen starken Schwefelwasserstoffgeruch wahr. Fischer, welche in See gingen, aber wegen dichten Nebels nicht weit von der Küste sich entfernten, fanden das Meer überall mit ähnlichen kleinen Steinbrocken und stellenweis so dicht bedeckt, daß sie sich mit den Rudern Bahn brechen mußten; nicht minder überraschten sie große Mengen todter Fische, welche unter den Trümmern umhertrieben. Am folgenden Morgen waren die Nebel verschwunden und jetzt

erkannte man deutlich eine hohe Rauchsäule am Horizont, in der unten von Zeit zu Zeit helle Flammen aufzuflackern schienen. Den ganzen Tag sah man die Rauchsäule gleichförmig und fast senkrecht emporsteigen, und hörte in Pausen ein donnerähnliches Getöse herüberdröhnen, womit gegen Abend Blitze, wie beim Wetterleuchten, sich verbanden. Bei so drohenden Erscheinungen wagte Niemand von den Einwohnern, sich dem Eruptionspunkte zu nähern; erst als nach 10 Tagen deutsche Reisende[4]) durch das merkwürdige Ereigniß herbeigelockt waren, gelang es ihnen, einige Schiffer zu einer Untersuchungsfahrt zu bewegen. Beim Herannahen an die Stelle der Eruption bot sich der Anblick dar, welchen wir auf dem eingeschalteten Holzschnitt wiederzugeben versucht haben. Es zeigte sich ein deutlicher, an



verschiedenen Punkten von 60—200 Fuß hoch aufgeschütteter schwarzer Kraterrand, dessen unterste Ränder ziemlich steil in das Meer abfielen, weil

4) Der verstorbene Geognost Fr. Hoffmann mit dreien Begleitern; wir verdanken ihm eine sorgfältige Schilderung des Phänomens, wovon hier ein Auszug gegeben ist. Poggendorff's Ann. Bd. 24. S. 65.

die Wellen unaufhörlich die äußersten Schichten abspülten und eine starke Brandung ihre losen erdigen Bestandtheile herunterriß. Aus der Mitte des Kraters erhoben sich ununterbrochen und mit Heftigkeit, doch geräuschlos, große Ballen schneeweißer Dämpfe, deren stets gleiche auf einander folgende Massen bis zu einer Höhe von 2000 Fuß emporwirbelten. Durch dieselben schossen dann und wann schwarze Schlackenstücke, welche die Dampfwolken zerrissen und mannigfach in einander rollten; aber das Prachtvollste der ganzen Erscheinung waren die von Zeit zu Zeit erfolgenden heftigeren Aschenausbrüche. Unmittelbar unter und neben der weißen Rauchsäule schwoll dann furchtbar drohend eine dichte schwarze Wolke herauf, in deren Mitte schwarzbraunes kochendes Wasser fontainenartig emporstieg, während sie selbst, immer höher und höher werdend, sich garbenförmig ausbreitete und ihren dichten Sand-, Aschen- und Schlackengehalt ausschüttete. Zu Tausenden flogen die geschleuderten Massen umher und bedeckten im Halbmesser von $^1/_8$ Meile die Oberfläche des Meeres, welches nicht bloß emporspritzte, sondern sausend und zischend von den heißen Körpern erhitzt zu Dämpfen aufwallte. Jeder große Stein, der durch den erhaltenen Schwung weiter flog, als die Hauptmasse, führte einen Schweif schwarzen Sandes hinter sich her, wodurch merkwürdige strahlenförmige Gruppirungen entstanden, gleich Raketen von dunkler Farbe oder Cypressenzweigen, die einen ungemein schönen Anblick gewährten. Dabei ließ sich ein Platzen und Rasseln der in der Luft an einander schlagenden Stücke und ein Rauschen gleich niederfallenden groben Hagels vernehmen; noch vermehrt durch das Plätschern und Zischen des Meeres, wenn die Stücke in dasselbe eintauchten. Keine Flammen fuhren aus dem Krater und kein Leuchten war in ihm erkennbar; dagegen sah man in Augenblicken hoher Steigerung des Auswurfs eine große Zahl hell leuchtender Blitze durch die schwarzen Rauchmassen hin- und herzucken, und einem jeden derselben folgte deutlich ein lauter und lange anhaltender Donner, welcher, von fern vernommen, ein gleichmäßig fortdauerndes Getöse zu sein schien. In solcher Art dauerten stärkere Eruptionen oft nur 10 Minuten, bisweilen gegen eine Stunde; dann verschwanden sie und es trat eine mehr oder minder lange Pause ein, während welcher bloß die weißen Dampfwolken gleichmäßig emporwirbelten. — Diese Eruptionsphänomene setzten sich mit abnehmender Intensität bis zum 12. August fort, und schufen eine elliptische Insel mit wallartigem Kraterrande, deren höchster Punkt am nordwestlichen Ende gegen 200 Fuß anstieg, während ihr Umfang sich bis 2000 Schritte belaufen mochte. Ihr Erdreich war nichts als feine lose Asche, die größtentheils aus kleinen Augitkrystallen oder Trümmern bestand, und mantelartige, nach außen und innen einfallende Schichten darstellte, zwischen denen dünne weiße Salzkrusten in fast regulär wiederholter Streifung sich abgesetzt hatten. Festes Gestein war außer den emporgeschleuderten schwarzen Trümmern von basaltischem Gefüge und sehr feinem Korn nicht zu entdecken, ebensowenig Lava

oder Bimsstein. Ein so loser Aschenbau konnte dem Andrange der Wogen nicht lange widerstehen; bereits als die Heftigkeit der Eruption nachließ, begann die Verkleinerung des Kraters, und als sie endlich ganz aufhörte, nahm der sichtbare Theil mit solcher Schnelligkeit ab, daß schon im December seine letzten Reste unter den Wogen verschwunden waren. In den ersten Jahren fand man an der Stelle der Insel, von welcher die Engländer am 2. August unter allen Formen des Seerechtes Besitz genommen hatten, in 2 Faden Tiefe eine Felsenspitze und vermuthet, daß es die im Krater bis zu solcher Höhe emporgehobene erkaltete Lava gewesen sei; jetzt ist auch dieser letzte Rest des Eilandes, unter dessen vielen Namen (Nerita, Julia, Graham-Island, Hotham-Island, Corrao) die Benennung nach dem Könige von Neapel: Ferdinandea, den meisten Beifall gefunden zu haben scheint, verschwunden und nicht einmal seine Spur als Untiefe zurückgeblieben [5]).

Eine ganz ähnliche Inselbildung beobachtete der englische Schiffscapitain Tillard 1811 vom 13. Juni an in der Gegend der Azoren, der Küste von San Miguel gegenüber, und nannte das entstandene Eiland nach seinem Schiff Sabrina; es war 300 Fuß hoch und hatte eine englische Meile im Umfange. Sein Dasein dauerte nur wenig länger; im Februar 1812 war es schon zur Sandbank geworden, und später ist es ganz verschwunden. Zweimal früher, im Jahre 1638 und 1720, fanden schon ähnliche Erscheinungen bei den Azoren statt, und mehrmals beobachtete man verwandte Bildungen im ägäischen Meere, zumal bei Santorin, wovon bereits früher (S. 67) beispielsweise die Rede war. Während hier die neu entstandenen Kegel sich zum Theil erhielten, sind auch die bei Island vor dem großen Ausbruch des Skaptar Jökul von 1783 im Meere entstandenen wieder verschwunden. Einen ähnlichen Fall kennt man aus der Reihe der Aleuten, wo man 1796 die neue Insel neben Umnak emporsteigen und fortdauernd bis 1806 sich vergrößern sah, seit welcher Zeit ihre Eruptionen aufhörten. Sie steht noch, und soll mehrere tausend Fuß Höhe haben. —

Wenden wir uns nach diesen Angaben über Eigenschaften und Wirkungen der Erdbeben zur näheren Untersuchung ihrer Ursachen, so ist es zunächst wohl einleuchtend, daß sie von denen vulkanischer Eruptionen überhaupt nicht verschieden sein werden, da sie ja alle mit solchen Phänomenen in Beziehung stehen, und stets den Bildungen neuer Vulkane und vulkanischer Ausbrüche vorangehen. Wenn wir also früher die Hebung der Lava, Asche und Lapilli vermittelst des Durchbruches gasförmiger Stoffe und ihrer hebenden Kräfte erklärten, so dürfen wir auch die dabei

5) Nach den neuesten Untersuchungen beträgt die Meerestiefe auf der Stelle der Insel 32 Faden (192 Fuß); vor der Eruption war sie an 100 Faden; die Insel besaß also eine wirkliche Höhe von 800 Fuß.

stattfindenden Bodenerschütterungen dem Drängen solcher eingepreßten, auf einen zu kleinen Raum beschränkten und einen Ausweg suchenden Dämpfe zuschreiben. Unter allen Gewalten, die wir kennen, sind die Kräfte eingeengter Gase die heftigsten; ihre Wirkungen also auch sicher die großartigsten. Nirgends aber werden die durch Erdbeben und vulkanische Eruptionen hervorgebrachten Phänomene der Umwälzung und Zerstörung von anderen tellurischen Erscheinungen ähnlicher Art an Ausdehnung übertroffen, so daß schon eine ganz äußerliche Uebereinstimmung auf die Gleichmäßigkeit von Ursache und Wirkung uns hinweisen muß. Kommt nun noch hinzu, daß Wasserdämpfe und gasförmige Stoffe der verschiedensten Art aus den Kratern der Vulkane entweichen; daß sich in den Vulkanen ein Hitzgrad findet, der manche feste Substanz in Gasform verwandelt, und daß auch da, wo keine offenen Vulkane sich zeigen, solche Stoffe aus den durch Erdbeben entstandenen Spalten ausgesprüht werden; so ist wohl mehr als eine bloße Wahrscheinlichkeit vorhanden, wenn wir den eingepreßten Dämpfen das ganze Phänomen der Bodenerschütterung, der Berstung und des Emporsteigens unterirdischer Stoffe zuschreiben. Dieser Ansicht huldigt denn auch die gegenwärtige Theorie der Erdbeben vollständig, sie war aber lange Zeit noch uneins über die Beschaffenheit der Dämpfe selbst. Neuerdings hat man sich besonders seit Scrope's Behauptung [6]), daß lediglich Wasserdämpfe zur Erklärung sämmtlicher vulkanischer Eruptionsphänomene ausreichten, immer mehr eben dieser Ansicht zugeneigt, und ihr eine um so verdientere Anerkennung gezollt, als ja die Wasserdämpfe den Hauptbestandtheil aller von Vulkanen ausgehauchten Gase ausmachen, ja mehrere überhaupt nur sie, statt aller anderen Stoffe, hervorbringen. Daß dabei eine Zersetzung des Wassers in seine Bestandtheile erfolge und namentlich die stärksten Explosionen von verbrennenden Wasserstoffströmen, wie man früher annahm, herrühren, ist nicht wahrscheinlich; man glaubt jetzt mit größerem Rechte, daß die Detonationen, welche aus dem Innern des Berges erschallen, den durchbrechenden erhitzten Wasserdämpfen zugeschrieben werden müssen und die stellenweis sichtbaren Flammen von verbrennenden Schwefeldämpfen herrühren, die ihren Ursprung aus zersetzten Schwefelmetallen, besonders dem Schwefelkies, herleiten. Eine ähnliche Bewandniß hat es mit dem Kochsalz, welches manche Vulkane an ihren Abhängen und in den Niederschlägen erzeugen; es ist das Residuum des durch Erdspalten und Klüfte in die Tiefe gedrungenen Meerwassers, welches als Dampf mit den Explosionen entweicht, die wir vernehmen, und seine festen Bestandtheile zurückläßt. Vielleicht mögen kleine Quantitäten des Chlornatriums sich zersetzen und daher die Chlordämpfe oder die salzsauren Dämpfe rühren, deren Anwesenheit in den vulkanischen Eruptionen manche Beobachter nachzuweisen suchten; sicher aber bleibt der größte Theil des Wassers, welches der Vulkan an sich gezo=

6) Poul. Scrope, Considerations on Volcanos etc. London 1825. 8. Cap. 2.

gen hat, bloßer Wasserdampf, hebt als solcher die flüssige Lava, entweicht, wo er kann, und führt Asche mit sich, besonders zuletzt, wo nach Abfluß der Lava ihm ein freierer Abzugskanal gebildet worden ist. — Uebrigens bieten die thätigen Vulkane durch ihre mit geschmolzener Lava erfüllten Krater dem pressenden Gase einen weit geringern Widerstand dar, als die feste, in sich geschlossene Erdrinde. Häufen sich unter dem Vulkan in seinen zum Theil leeren und ausgeschöpften Schlünden Dämpfe an, so brauchen sie nur jene Lavamassen, die den Ausgang verstopfen, zu heben, und werden damit fortfahren, bis der Druck der gehobenen Massen im Abzugsrohr zu stark ist, als daß sie ihn noch ferner überwinden können. Dann suchen die Dämpfe hier und da einen Ausweg, erschüttern dabei den Boden, finden ihn endlich in der Nähe des Kraters, wo sie neue Spalten, neue Schlünde aufdecken, und mittelst derselben für die gehobene Lava ein Abzugsrohr bereiten. Wo aber offene Schlünde fehlen, da müssen sie entweder durch Zerreißen der festen Rinde und Emportreiben des Widerstandes gemacht werden, oder die eingepreßten Dämpfe müssen sich verdichten; und dazu mag das Aufsteigen in kältere Räume, wobei Detonationen und Erschütterungen erfolgen, manchmal Gelegenheit darbieten. Fälle der Art könnten Erdbeben ohne Eruptionsphänomene herbeiführen. Hätte jeder von Erdbeben häufig heimgesuchte Ort, wie z. B. Jamaika, seine thätigen Vulkane, seine offenen Schlünde für die eingepreßten Dämpfe, er wäre glücklicher daran, als jetzt, wo diesen Dämpfen der Ausweg fehlt, und die Erschütterungen zu schwach sind, ihn zu schaffen. Ist er aber irgendwo entstanden, so hören die Erschütterungen auf, und neue Erdbeben, neue Hebungen stellen sich erst wieder ein, wenn der Ausgang ihnen verstopft wird. Bei dieser Ansicht läßt es sich sehr wohl begreifen, warum Gegenden, die keine offenen Vulkane besitzen, viel mehr von Erdbeben heimgesucht werden müssen, als andere, die einen Vulkan in ihrer Nähe haben, und warum thätige Vulkane oft plötzlich innehalten, wenn Erdbeben an entfernten Orten stattfinden; denn die dort vor sich gehenden Aenderungen im vulkanischen Herde stören auch hier die gewohnte Thätigkeit, entziehen dem Schlunde auf gewisse Zeiten seine Dampfmassen oder halten sie in der Tiefe zurück. Wir dürfen daher zwischen anscheinend so entfernten Punkten irgend eine Beziehung annehmen, und wahrscheinlich einen Zusammenhang ihrer vulkanischen Herde aus solchen gleichzeitigen Begebnissen ableiten.

7.

Ausbreitung der thätigen Vulkane über die Erdoberfläche. Folgen daraus.

Der Zusammenhang scheint übrigens bei weitem größer zu sein, als die einzelnen, darüber vorhandenen Wahrnehmungen glauben machen; er könnte sich wohl durch den ganzen Erdkörper in einer gewissen Tiefe verbreiten. Eine solche Annahme, von der größten Wichtigkeit für die Entwickelung unseres Planeten, muß durch zweierlei Untersuchungen einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit gewinnen, wenn die Resultate beider bejahend ausfallen sollten. Wenn sich nämlich vulkanische Phänomene und Producte auf der ganzen Erdoberfläche nachweisen ließen, und zu gleicher Zeit an jeder Stelle in beträchtlichen Tiefen geschmolzene Massen, oder wenigstens hohe Temperaturgrade angenommen werden könnten, so würden wir mit guten Gründen einen allgemeinen Zusammenhang der vulkanischen Herde behaupten können.

Der erste Theil dieser Untersuchungen, oder die Ausbreitung der vulkanischen Phänomene über die Erdoberfläche, möge uns zunächst beschäftigen. —

Europa, der Welttheil, den wir bewohnen, der uns von allen am meisten angeht, wird diese Betrachtung am schicklichsten eröffnen können. Drei Orte sind als vulkanische Herde hier besonders bekannt und bereits mehrmals erwähnt, nämlich Island, Neapel mit seinen Umgebungen, und Sicilien, mit seinen benachbarten Inselgruppen. Wir wollen mit Island beginnen. Diese merkwürdige Insel hat auf 1800 Quadratmeilen 29 Vulkane, von denen aber nur 7 regelmäßige, von Zeit zu Zeit wiederkehrende Eruptionen gezeigt haben; alle anderen scheinen einem einmaligen Ausbruch ihr Entstehen zu danken. Sie sind über den mittleren Theil der Insel in einem breiten Gürtel, der von SSW nach NNO streicht, vertheilt, und finden sich besonders an den beiden Meeresküsten desselben; dort stehen allein die mehrmals thätigen Kegel. An der Nordküste sind es der Leihrnukur, Krabla und Tröllladyngur, an der Südküste der Eyafialla, Hekla, Katlegia und Oräfe-Jökul. Alle Erscheinungen, welche vulkanische Phänomene begleiten, sind auf Island beobachtet worden; Erdbeben zu jeder Jahreszeit, und nur selten mit einer Unterbrechung von mehr als 30 Jahren; warme Quellen, die heißesten der Erde (Geiser); Auswürfe von Laven, die an Mächtigkeit alle anderen überbieten, so die des Skaptar-Jökul 1783, fast zu derselben Zeit, als Calabrien verwüstet wurde; Erhebung einer neuen Insel in ihrer Nähe, fünf Meilen von der Südküste, Kap Reikianäs gegenüber, welche im Januar desselben Jahres entstand, in dem der Skaptar-Jökul seinen

gewaltigen Ausbruch hielt. Letzterer begann, als die Bildung der Insel beendigt war; sie verschwand aber bald wieder, wie eine andere, die 1563 an derselben Stelle emporgestiegen war. —

In die Verlängerung dieses Vulkangürtels von Island, welcher zugleich der gegenüberliegenden Küste von Grönland parallel läuft, fällt nach Norden die Vulkan-Insel Jan Mayen, deren Ausbruch Scoresby 1817 beobachtete, und nach Süden die Gruppe der Azoren, eine wegen ihrer vulkanischen Eruptionsphänomene schon mehrmals erwähnte Inselreihe, in deren Mitte als Hauptkrater der über 7000 Fuß hohe Vulkan von Pico hervorragt. Er hat öfters in historischer Zeit Eruptionen gemacht, und sein Gipfel raucht beständig. Nach ihm sind die alten Krater auf San Miguel die bedeutendsten, sie waren aber in historischer Zeit nicht mehr thätig, daher in ihrer Umgebung die hebenden Massen sich einen Ausweg suchen mußten. Früher ist es bereits erwähnt worden, wie als Folge davon 1811 bei San Miguel eine Insel entstand, und zweimal in älterer Zeit (1638 und 1720) dasselbe Phänomen sich ereignete. Ja nach öffentlichen Zeitungsberichten sollen 1757 sogar 18 solcher kleinen Inselchen auf einmal, etwa 600 Fuß von der Küste bei der Insel St. Georg, entstanden sein. Auf jeden Fall zeigen so oft wiederholte Erhebungen einen sehr thätigen vulkanischen Herd unter dieser Inselgruppe an.

Mit einstweiliger Uebergehung derjenigen Vulkane Europas, welche dem Laufe einiger Küsten des Mittelmeeres sich anschließen, verfolgen wir zunächst die durch Jan Mayen, Island und die Azoren so deutlich vorgezeichnete Richtung von SSW nach NNO weiter südlich, indem wir uns zu den canarischen Inseln wenden, und dadurch in die fast entgegengesetzte Streichungslinie nach SO überspringen. Hierzu giebt uns die ausgebildete Vulkanität dieser Inseln sehr genügende Gründe. Die fünf größeren derselben, Palma, Teneriffa, Canaria, Fuertaventura und Lanzerote, beschreiben unter sich einen Vulkanbogen, der von WSW nach ONO gespannt ist, und dem gegenüberliegenden Ufer Afrikas fast parallel läuft. An ihn schließt sich nordwärts die Gruppe der Azoren, in deren Streichungslinie zugleich der Pic auf Madeira fällt. Südlich reihen sich die capverdischen Inseln in einer entgegenstehenden, der Küste Ober-Guineas parallelen Streichungslinie daran, und bilden mit den canarischen Inseln, mit Madeira und den Azoren einen Winkel in der großen, von Vulkanen geöffneten Spalte des Meeresbodens, welche von Island herabzukommen scheint. Diese Spalte, oder wenn wir damit vielleicht zu viel behaupten, diese Richtung der nach oben drängenden vulkanischen Kräfte, endet aber bei den Inseln des grünen Vorgebirges nicht, sie ändert nur ihren Lauf und wird noch mehr südlich, selbst südsüdöstlich. In einer solchen Abweichung begegnen uns im Weltmeer an der Westseite Afrikas drei erloschene Vulkane, Ascension, St. Helena und Tristan d'Acunha, von welchen drei Inseln die erste ihren Charakter als

Vulkan sehr bestimmt durch Trachyte und Obsidiane verräth, die zweite ein halb eingestürzter Basaltkegel zu sein scheint, und die dritte einen vollständigen Krater besitzt, aber gleich den anderen beiden erloschen ist.

Verweilen wir einen Augenblick an dieser Stelle, um rückblickend unsern Weg zu überschauen, so finden wir zwei Erscheinungen, welche uns überraschen; es ist einmal die lineare Anordnung der gesammten, und zweitens die truppweise Gruppirung der einzelnen vulkanischen Systeme. Beide Thatsachen wiederholen sich überall; denn entweder sind die Vulkane in linearer Richtung an einander gereihet, oder sie bilden eine mehr oder weniger cyklische Gruppe, die öfters sehr bestimmt um einen wirklichen Mittelpunkt vertheilt zu sein scheint. Hiernach unterscheidet man die Situationsformen der vulkanischen Thätigkeit als Reihen-Vulkane und als Central-Vulkane. Island, die Azoren und Canaren stellen uns, im Einzelnen betrachtet, Central-Vulkane dar; in Verbindung mit Jan Mayen und den Azoren dagegen ist Island nur das Hauptstück eines Reihen-Vulkansystems, welches südwärts am Westrande von Afrika wieder auftaucht, und in isolirten Spuren bis über die Südspitze des Continents hinabreicht.

Am Ostrande Afrikas gewahren wir zuvörderst in dem Vulkan der Insel Bourbon das Centrum des Gruppensystems der Mascarenen. Er gehört zu den thätigsten Feuerbergen, die wir kennen, und besitzt eine Höhe von mehr als 7000 Fuß. Von hieran fehlen genauere Nachrichten über wirksame Vulkane an den östlichen und südlichen Küsten Afrikas wie Asiens, obgleich neuere Reisende Proben vulkanischer Produkte von den Ufern des oberen Nils heimbrachten [1]) und mehrere Male auch in historischer Zeit an der Mündung des Indus bedeutende vulkanische Katastrophen stattgefunden haben. Erst an der Ostküste des bengalischen Meerbusens begegnen wir wieder wahren Feuerbergen auf den Inseln Ramri und Cheduba neben der Küste von Pegu; sie bilden das äußerste Ende eines sehr vollkommnen Systemes von Reihen-Vulkanen, welches über Narcondam, Barren-Eiland, nach den Sunda-Inseln, von da zu den Molucken und Philippinen, ferner über Japan und die Kurilen nach Kamtschatka hin fast ununterbrochen sich fortsetzt, ja durch die Aleuten sogar auf den Westrand Amerikas übergeht, hier in ähnlicher Weise bis zur Südspitze hinab laufend. Eine so ausgezeichnete vulkanische Kette bedarf wohl einer noch näheren Betrachtung.

Barren-Eiland, der bekannteste unter den ersten Vulkanen des Systems, besteht aus einem großen Basaltringe, welcher an einer Stelle durchbrochen dem Meere einen Zutritt in den alten Krater verstattet. In der Mitte dieses alten Erhebungskegels befindet sich ein neuerer, kleiner, vom Meere umfluthter Ausbruchskegel von beinahe 1700 Fuß Höhe,

1) Erloschene Vulkane haben die neuesten Untersuchungen daselbst nachgewiesen. Vergl. Monatsber. d. Berl. geogr. Gesellsch. N. Folge I. S. 288.

dessen Gipfel wiederholt Rauchwolken, Asche und glühende Lapilli ausgestoßen hat. —

Die nächsten Vulkane der bezeichneten Reihe stehen auf Sumatra, und scheinen unterhalb des Aequators, auf der Südseite der hohen Gebirgskette, dem Meeresufer parallel zu laufen, oberhalb desselben aber dem nördlichen Ufer näher zu liegen; so daß die Vulkanreihe und die Bergkette unter sehr spitzen Winkeln sich schneiden würden. Indeß sind die Vulkane dieser großen Insel noch sehr wenig untersucht [2]); man kennt bis jetzt nur einige der thätigeren Eruptionskegel mit Sicherheit, z. B. den Gunong Allas unter $3^1/_2{}^0$ nördlicher Breite neben Deli, am Nordrande der Insel; den Merapi, ziemlich unter der Linie am Südrande, zwischen den beiden höchsten Bergen Sumatras, dem Gunong Pasaman (Ophir) und dem ebenfalls rauchenden Gunong Kasumbra (Pic von Indrapura) in der Mitte; den Gunong Api (die malayische Bezeichnung für Vulkan) unter $2^1/_4{}^0$ südlicher Breite mehr im Innern der Insel zwischen Jambi und der Indrapura-Spitze; und den Gunong Dempo unter 4^0 südlich vom vorigen bei Benkulen.

Der Hauptherd aller vulkanischen Thätigkeit am Südostrande Asiens befindet sich in Java, einer Insel, nicht minder heimgesucht von Eruptionen und den sie begleitenden Erscheinungen, als Island. Auf einer Fläche von 2500 Quadratmeilen finden sich 49 Vulkane vertheilt [3]), also verhältnißmäßig mehr als in Island, oder sonst wo auf der Erde; sie folgen bei flüchtiger Ansicht dem Höhenzuge der Bergkette im Innern der Insel zu beiden Seiten, ordnen sich aber, genauer betrachtet, in parallele Reihen, welche der Streichungslinie von Sumatra entsprechend, die centralen Bergzüge Javas schneiden, und die mächtigen Basalt- und Trachytmassen emporgetrieben haben, aus denen ihre Hauptkegel bestehen.

An Java reihen sich die Inseln Bali, Lombock und Sumbava, jede durch einen Vulkan bezeichnet, von welchen der Tomboro auf der nördlichsten Spitze von Sumbava durch seine große Eruption am 11. April 1815 besonders bekannt ist. Nicht minder heftig muß der Ausbruch gewesen sein, der zu Anfang des Jahres 1853 daselbst stattfand und ungemeine Verwüstungen in weiter Umgebung anrichtete. Nun folgen ein Gunong Api in der Meerenge zwischen Sumbava und Flores; darauf Tschyndana oder Sandelbos, Mandschirey oder Flores, letztere mit zwei Vulkanen, einem am West-, dem anderen am Ostende.

2) F. Junghuhn giebt in seiner Beschreibung der Batta-Länder eine Uebersicht, der zu Folge auf Sumatra 16 Vulkane von ihm beobachtet sind, von denen aber nur 6 noch thätig zu sein scheinen.

3) Die vollständigste Uebersicht findet sich in Van der Boon-Mesch, disputatio geologica de incendiis montium igni ardentium Insulae Javae. Leydae 1826. Vergl. auch Junghuhn im Monatsber. d. Berl. geogr. Gesellsch. III. 151, und dessen Reisen durch Java, herausgeg. v. Nees v. Esenbeck. Magdeb. 1845. 8. Mit Abbild.

Mehrere kleinere Inseln, welche sich an die obengenannten größeren anschließen, wie Sabrao, Lombien, Pantar setzen die Vulkanreihe am Nordrande Timors, das außerhalb derselben liegt, bis zu den Banda-Inseln fort, und vertheilen sich vor den letzteren zu einem breiten Gürtel, welcher die Molucken mit den Philippinen verbindet. In demselben sind die kleinen Inseln Damme, Nila, Seroa und Banda mit dem westwärts in die See hinausgeschobenen Gunong Api oberhalb Timor, die bekanntesten; sie scheinen sich durch Amboina, deren Vulkan Wawani der bedeutendste in dieser Reihe ist, über Buru und Ceram auszudehnen, und unter der Straße der Molucken nach Mindanao hinaufzusteigen. In diesem Theile des Zuges kennen wir übrigens zwei Hauptvulkane, den von Kemas (oder Klobat) auf Celebes, und den Gammacanore auf Dschilolo; die kleinern Inseln zwischen beiden sind weniger bekannt, doch ebenfalls, wie Ternate, Tidore, Mackian u. a. m. vulkanisch. An den Kemas von Celebes schließt sich der Vulkan auf Siao, und setzt sich durch den Abu von Sangir nach Mindanao hin fort, wo der Sanguili im südlichen Theile der Insel als feuerspeiend erwähnt wird. Ein kleines Inselchen, Siquior oder Fuego zwischen Mindanao und Negros, führt den Zug nordwärts auf die Südspitze von Luzon über, deren Vulkan von Mayon mehrmals in historischer Zeit Ausbrüche gemacht hat. Ein zweiter Vulkan Luzons, der Taal, steht südlich von Manilla, und ist wegen der Nähe der Hauptstadt besser als die übrigen dieser Insel untersucht; ein dritter, der Aringuay, befindet sich in der Mitte des nördlichen Theiles, und ein vierter auf der kleinen an der Nordküste gelegenen Insel Camiguin. In großer Zahl breiten sich endlich die Feuerberge Luzons am östlichen Küstenrande der Halbinsel Camarines aus; sie erreichen hier ihre stärkste Intensität und Fülle auf dem ganzen Zuge von Java bis nach Kamtschatka hinauf.

Damit endet aber die Reihe der thätigen Vulkane in dieser Gegend noch nicht; sie beginnt schon auf Formosa wieder mit mehreren Feuerschlünden, und verräth sich auf der kleinen Schwefelinsel, welche ziemlich abgesondert im Meere zwischen den Lieu Khieu und den japanischen Inseln liegt. Von den drei größeren der letzteren hat jede mehrere Vulkane, und alle drei scheinen in dieser Beziehung sich wie Java zu den Sundainseln zu verhalten, gleichsam das Centrum der Vulkanreihe auszumachen. Man kennt auf Kiusiu zwei Feuerberge genauer, den Oso im Süden und den Usan östlich neben Nangasaki, auf einer eigenen von ihm gebildeten Landspitze. Auf Nipon, der Hauptinsel, werden Vulkane an drei Stellen angegeben, zunächst der Fusi mit seinen Genossen neben Yeddo am Ostrande, der größte von allen und der höchste Berg Japans; der Alamo am gegenüberstehenden Westrande unweit Ojawa; und die Vulkane an der nördlichen Spitze, westlich der Pic Tilesius, östlich der Tesan. Die dritte große Insel Jesso hat verhältnißmäßig die meisten

Feuerberge, nämlich den Matsumay an der südwestlichen Spitze, drei andere an den Ufern der Vulkanbai nordöstlich von Sangar, und zwei im Norden, welche von russischen Seefahrern beobachtet wurden. Die eigentliche Fortsetzung der Vulkanreihe wendet sich jedoch mehr östlich, und geht auf die kurilischen Inseln über, welche fast alle einen oder mehrere thätige Vulkane besitzen. Man weiß dies namentlich von Kunaschir und Iturup, zweien größeren Inseln, die sich unmittelbar an Jesso anschließen; auch zwischen Kunaschir und Jesso ragt noch ein einzelner Vulkan aus dem Meere hervor, und östlich neben Kunaschir erhebt sich die Vulkaninsel Spanberg (Tschikitan). So zählt man von Ituruy bis Kamtschatka 17 verschiedene feuerspeiende Kegel, von welchen die etwas größere Insel Onnekotan allein drei enthält; die meisten andern sind fast nur isolirt aus dem Meere hervorragende Krater, ähnlich den Inseln Palma und Gran Canaria in der nach letzterer benannten afrikanischen Gruppe. Kamtschatka selbst bildet ein hohes Bergplateau, dessen Ostabhang von einer Reihe fast unmittelbar auf einander folgender Vulkane begleitet wird, die größtentheils in historischer Zeit thätig waren, und es zum Theil noch sind. Von den dreizehn genauer bekannten stehen neun fast unmittelbar neben dem Ufer, an der äußersten Südostküste beginnend und einige Meilen über den Peter-Pauls-Hafen hinausreichend; die andern vier sind an beide Ufer des Kamtschatkaflusses vertheilt, so daß drei die Fläche zwischen seinem östlichen Ufer und dem Meere oberhalb des Kronotsk-Sees erfüllen, der vierte, der bekannte Schewelutsch oder Krasnaja Sopka, jenseits jenes Flusses ins Innere des Landes hineingeschoben ist. Er ist der nördlichste und letzte Vulkan dieser Reihe. Ihm gegenüber steht dicht neben der Flußmündung der größte von allen, der über 16,500 Fuß hohe Klutschefskaja.

Die Aleuten sind als eine vulkanische Inselreihe schon mehrmals früher erwähnt worden, indem wir die großartigste Bildung einer neuen Insel besprachen, welche in historischer Zeit stattgefunden hat. In der That zeigen sie sich in ihrer Beschaffenheit den Kurilen ganz ähnlich, und bilden eine fast ununterbrochene Vulkanreihe, welche dem Punkte gerade gegenüber beginnt, wo die Vulkane Kamtschatkas auf dem Festlande enden. Der erste noch thätige Vulkan dieser Reihe findet sich indeß erst auf Semi Soposhna, nordwärts von der größeren Insel Amtschitka; der zweite ist ein nackter Kegel, Goreloi genannt, welcher westlich neben Tanaga aus dem Meere aufsteigt. Tanaga selbst enthält wahrscheinlich den größten Vulkan der ganzen Kette, und Kanaga, unmittelbar neben jener, einen ebenfalls sehr beträchtlichen; kleiner sind die Kegel auf Amuchta und Umnak, an deren nordöstlicher Spitze einige Meilen vom Ufer am 18. Mai 1796 die neue Insel emporstieg, welche bis jetzt, ein seltenes Beispiel unter den ähnlichen Erscheinungen, sich erhalten hat. Ihr Vulkan fährt fort, an der Vergrößerung seines Ausbruchskegels zu

arbeiten. Unalaschka, die bekannteste unter den Aleuten, hat einen 5000 Fuß hohen Vulkan an der Nordküste, den Pic Makuschkin, welcher beständig zu rauchen pflegt; ihm folgen noch der kleinere Kegel auf Akutan, und der hohe Agaiedan auf Unimak, der mittlere jener drei Kegel, welche man weit in die See hinaus wahrnimmt. Auf der Halbinsel Alaschka sind zwei große Kegel beobachtet, und höher hinauf noch einer auf dem Festlande an Cook's-Einfahrt. Die von hier südlich gewendete Küste Nordamerikas ist nicht genauer untersucht, doch wird der Eliasberg unter dem 60. Breitengrade, und der Cerro de buen Tiempo (Schönwettersberg) unter 58° 45′, am Rande des Kreuz-(Cross) Sundes, für einen Vulkankegel angesehen.

Auf solche Weise geht also die Vulkanreihe am Westrande des großen Stillen Oceans fast ununterbrochen auf das amerikanische Festland über, scheint aber hier, wenigstens in seiner nördlichen Hälfte, ihr Ziel zu finden, denn wir kennen von Sitka, in deren Nähe der Edgecombe als thätiger Feuerberg genannt wird, bis nach Mexiko hinunter keinen activen Vulkan mit Gewißheit, wenn es gleich an Basaltkegeln in dieser großen Länderstrecke nicht fehlen dürfte. —

In Mexiko nehmen die thätigen Eruptionskegel Amerikas ihren Anfang, und zwar in einer Linie, die fast genau unter dem 19. Grade nördlicher Breite von Westen nach Osten streicht. Sie besteht aus acht großen Kegeln, von denen aber drei in historischer Zeit keine Ausbrüche mehr gemacht haben, während einer, der Jorullo, wie früher (S. 83) erzählt wurde, erst vor 94 Jahren ganz neu entstand. Der westliche von ihnen, der Vulkan von Colima, nahe der Meeresküste neben der Stadt gleiches Namens, ist noch jetzt sehr thätig; ihm folgt nach Osten zunächst der Jorullo. Südlich von Mexiko stehen drei Kegel, der Nevado de Toluca nach Westen, und der Iztaccihuatl nach Osten, beide unthätig; neben ihm südlich der Popocatepetl, der höchste von allen Bergen Mexikos, 16,600 Fuß über dem Meeresspiegel erhaben und thätig. Zwanzig Meilen mehr nach Osten ragt jenseits des Thales von Puebla der berühmte Pic von Orizaba oder Citlaltepetl hervor, nur 300 Fuß niedriger als der vorige und der thätigste von allen mexikanischen Vulkanen; nördlich von ihm erhebt sich der erloschene Naucampatepetl (Coffre de Perota), endlich ganz an der Ostküste, 20 Meilen südlich von Vera-Cruz, der Vulkan Tuxtla. —

Völlig verschieden von der mexikanischen Reihe sind hinsichtlich ihrer Anordnung die Vulkane Guatimalas, welche an der Südwestküste des großen amerikanischen Isthmus sich hinziehen, und auf einer Strecke von wenig über 200 geogr. Meilen aus 27 thätigen Kratern bestehen. Indeß ist keiner unter ihnen von besonderem Interesse. Die höchsten scheinen in der Nähe der Stadt Guatimala selbst zu stehen, und über 13,000 Fuß sich zu erheben.

Großartiger als alle anderen Systeme tritt die Vulkangruppe neben Quito auf, eigentlich eine Doppelreihe zu beiden Seiten des langen Thales, in dem die Hauptstadt und Riobamba liegen. Sie enthält die höchsten Feuerberge der Welt und bildet das gewaltigste aller vulkanischen Hochgebirge, welches wir kennen. Im äußeren, dem Meere zugewendeten Zuge liegen von Norden nach Süden der Pichinka, Corazon, Iliniza, Carguairazo, Chimborazo und Cunambay; im inneren landeinwärts gewendeten Zuge folgen in derselben Richtung der Cuyamba, Antisana, Sinchulagua, Cotopari, Tunguragua und Sanguay auf einander. Thätig sind von diesen Kegeln nur der Sanguay, Cotopari, Tunguragua, Antisana und Pichinka; lauter gewaltige Trachytberge, deren Spitzen fast unaufhörliche Rauchsäulen entsteigen, ohne daß je Lavaströme an ihnen herabfließen. Lediglich am Antisana entdeckte A. v. Humboldt eine stromartige Obsidianmasse; alle anderen zeigten an ihren Abhängen zwar Bimsstein und Lapilli, aber nie Spuren vormals glühend hervorgequollner Massen. Nach Norden geht die doppelte Vulkanreihe in eine einfache über, welche an dem Westabhange des großen granitischen Hauptgebirgszuges bleibt, und in den Kamm ausläuft, welcher die Wasserscheide zwischen dem Rio Cauca und dem Magdalenenfluß bildet. Diesem Theile gehören der Imbaburu bei Ibarra, der Vulkan von Chiles neben Tulkan, der Cumbal mit beständig rauchendem Gipfel, der Azufral, der Vulkan von Pasto, gleichfalls in unaufhörlicher Thätigkeit begriffen, der Sotara und der Puracé an, beide südlich von Popayan gelegen und am westlichen Abhange des bezeichneten hohen Gebirgskammes, die Granitmassen seines Gipfels seitlich durchbrechend, während jene früher erwähnten größern Kegel neben Quito aus dem Granit des Kammes selbst sich erheben. — Dem Puracé gegenüber ragt aus dem östlichen Gebirgszuge neben dem Magdalenenflusse, und ganz abgesondert von den vorigen, der Vulkan von Rio Fragua hervor, ein beständig rauchender Trachytberg, welcher dem nach Caracas sich wendenden Theile der Cordilleren gleichsam als Wegweiser dient, und auf eine Verbindung der Vulkane von Quito mit dem System der Antillen in ähnlicher Weise hindeutet, wie die Vulkane des westlichen Kammes zu der Reihe von Guatimala in Beziehung zu stehen scheinen. Von ihnen erstreckt sich die Hauptkette der Andes zwischen dem Rio Cauca und Magdalenenfluß in gerader Linie nach Norden, und trägt hier unter 5° nördl. Breite im 17,000 Fuß hohen Tolima ihren letzten thätigen Vulkan.

An dieses vulkanische Hochland, unmittelbar unter dem Aequator, schließt sich südwärts das System Chili's an, getrennt von ihm durch eine Lücke von mehr als 300 geograph. Meilen, in welcher die kleinere Gruppe der thätigen Vulkane von Bolivia, mit dem Misti von Arequipa, zwischen der Meeresküste und dem Titicacasee, als verbindendes

Glied auftritt. Vierundzwanzig Krater ragen daselbst von Norden nach Süden geradlinig fortstreichend hinter einander hervor; sie beginnen mit dem Vulkan von Copiapo unter dem 27. Grad südl. Breite und enden mit dem Vulkan von Clemente unter 46°. Der bekannteste darunter ist der Vulkan von Mayпu, ziemlich in der Mitte der Kette unter 34° neben Mendoza und St. Jago gelegen. Das große Erdbeben von 1822, welches Valparaiso zerstörte, leitete seine letzten Eruptionen ein, und seit dieser Zeit verbreitete er in einem Erschütterungskreise von 60 Meilen Durchmesser Zerstörung und Schrecken um sich her. Seine Erdstöße waren so heftig, daß auf dem Fort San Carlo, 20 Meilen südöstlich vom Krater am Fuß der Bergkette gegen die Ebene hin, ein Mastbaum, welcher 30 Fuß in der Erde stand, senkrecht herausgeschleudert wurde, ohne eine andere Spur seiner Anwesenheit, als die cylindrische Oeffnung zu lassen, worin er steckte.

Das sind also die thätigen Vulkane, welche das Festland auf beiden Halbkugeln begleiten, und in ihrer Beziehung zu ihm den merkwürdigen gewiß nicht bedeutungslosen Unterschied zeigen, daß auf der östlichen Halbkugel sie fast nie, Kamtschatka ausgenommen, die Continentalmasse selbst betreten, dafür aber sowohl an ihren östlichen als auch an ihren westlichen Küsten in ziemlich gleichmäßiger Reihe fortlaufen, während Amerika seine meisten thätigen Vulkane auf dem Festlande selbst trägt, und zwar bloß an der Westküste, keinen einzigen an seinen östlichen Ufern. Hier findet sich indeß die vulkanische, ganz dem System der Molucken, Kurilen und Aleuten vergleichbare Inselreihe der kleinen Antillen mit zehn thätigen Kratern, welche über die Insel St. Eustache, dessen höchst regelmäßiger Krater den Namen Punschbowle bei den Seefahrern führt, St. Christoph, Newis, Montserrat, Guadaloupe, Dominica, Martinique, St. Lucia, St. Vincent und Granada vertheilt sind. Sie folgen also durchaus dem inneren Zuge dieser doppelten Inselkette, und setzen sich durch die erloschenen oder vielleicht nie zu Ausbrüchen gekommenen Kegel der großen Antillen, mit Ausschluß Cubas, zu dem Vulkanzuge Merikos fort, mit dem die genannten größeren Inseln genau in demselben Parallelkreise sich befinden. —

Die östliche Halbkugel hat eine ganz ähnliche Nebenkette, in gleicher Streichungslinie von Westen nach Osten, welche durch die ganze Continentalmasse in einzelnen Spuren sich hindurchzieht, aber mehr nördlich, unter dem 40. Breitengrade etwa, angetroffen wird. Sie berührt in Europa die nördlichen Küsten des Mittelmeeres und erscheint hier unter der Form zweier Parallelreihen, die in der Richtung der Apenninenkette streichend Italien an der Westküste begleiten und im ägäischen Meere durch die westlichen Cycladen fortlaufend von der argolischen Küste ihren Ursprung nehmen. Weiterhin verspürt man sie in Kleinasien am Ararat, dessen vulkanische Natur noch kürzlich (den 20. Juni 1840) so gewaltsam

sich beurkundet hat[4]), in Persien am Demavend, und in der hohen Tartarei, wo der Vulkan Ho-tscheu bei Turfan an der Südseite des Himmelsgebirges unter dem 109.° östl. Länge, und der Vulkan Peschan an der Nordseite desselben oder Eisgebirges unter 99° 30′ östl. Länge genau in derselben Streichungslinie sich befinden. Auch in China werden von einheimischen Urkunden vulkanische Phänomene (hier Hoschan, Leuchtberge, oder Hotsin, Feuerbrunnen, genannt) in ziemlich gleicher Parallele mit den Vulkanen Central-Asiens angegeben; sie scheinen aber weniger von wirklichen vulkanischen Eruptionen, als vielmehr von Erdbränden, herzurühren und zum Vulkanismus nur in einer entfernteren Beziehung zu stehen.

In dem europäischen Antheile dieses großen Vulkanzuges entwickelte sich ganz besonders die italienische Reihe; sie erscheint zuerst in der Lombardei an den bericischen und euganeischen Hügeln erloschen, dann ebenso in Mittel-Italien auf der Westseite der Apenninen, in den alten Kratern am See Vico und im Albaner Gebirge, zuletzt thätig im Vesuv und den phlegräischen Feldern. Von hier wendet sie sich zu den liparischen Inseln, deren fast unaufhörliche Ausbrüche, zumal auf Stromboli, allgemein bekannt sind, geht auf Sicilien über und erhält im Aetna ihren Hauptknoten. Weiterhin zeigen sich in den Schlammvulkanen oder Salsen von Girgenti, in Pantellaria und dem submarinen Ausbruch neben Sciacca Spuren dieses westwärts gehenden Zweiges. Im ägäischen Meere gehören zu der Vulkanreihe das mehrmals erwähnte Santorin mit seinen Nebeninseln, dann Milo, Poros und die Landspitze von Methone, auf welcher noch in historischer Zeit (290 vor Chr.) ein Kegel hervorbrach, dessen Geschichte Ovid so malerisch in wenigen Versen (Metam. Buch 15, V. 296—306) geschildert hat.—

Ganz unabhängig von beiden Hauptsystemen der Vulkane, dem am Rande aller großen Continentalmassen verlaufenden, und dem zweiten, beide Continentalmassen von West nach Ost durchschneidenden, sind endlich die ausgebildeten Central-Vulkane, welche durch die Südsee sich vertheilten, und hier wenigstens den sogenannten hohen Inseln, wenn nicht allen, ihren Ursprung gaben. Sie bilden den Kern der Sandwich-, Gallopagos-, Marquesas-, Gesellschafts- und Freundschafts-Inseln; beschreiben also gewissermaßen eine große Ellipse quer im Stillen Ocean, deren Westseite durch die Vulkane der westaustralischen Kette, welche aus den Neuen Hebriden, Salomons-Inseln und aus Neu-Guinea besteht, an die Vulkane der Molucken sich anschließt. Richtiger scheint indeß die Ansicht zu sein, hier zuvörderst eine Vulkanreihe anzunehmen, welche von WNW nach OSO streicht, auf der äußersten Westspitze von Neu-Guinea beginnt, über die genannten südöstlichen Inselgruppen

4) Man vergl. die Augsb. Allg. Zeitung, Nr. 212 ff. 1843. —

fortsetzend den gegenüberliegenden Küstenrand Neu-Hollands in einem weiten Bogen umfaßt, und endlich auf der nördlichen Hälfte von Neu-Seeland endet, indem ein Vulkangürtel diese Insel, ganz ähnlich wie Island, von NO nach SW durchzieht. Dann ließen sich die Central-Vulkane der Sandwichs-Inseln in eine Beziehung zu dem System von Mexiko bringen, die Gallopagos zu dem von Quito, die Freundschafts- und Societäts-Inseln zu dem von Bolivia und die S. Felix- wie S. Juan Fernandez-Inseln zu dem Vulkanzuge Chilis; denn alle genannten Gruppen liegen mit den correspondirenden Vulkanen Amerikas unter demselben Parallelkreise. Ohne allen Zusammenhang mit den anderen Feuerbergen bleiben endlich die Vulkane des durch J. C. Roß entdeckten Victoria-Landes, von denen einer, der Erebus, unter 181. Grad östl. Länge und 76. Grad südl. Breite gelegen, als kahle kegelförmige Insel 11,600 Fuß hoch aus dem Eise hervorragt.

Wir haben in dieser Aufzählung der Ausbreitung vulkanischer Phänomene über die Erdoberfläche bloß die thätigen Vulkane berücksichtigt, weil es an Untersuchungen fehlt, welche über das Vorkommen erloschener Vulkane oder bloßer Erhebungskegel in den meisten Gegenden der Erde Aufschlüsse ertheilen. Wollen wir aber, wozu uns die Uebereinstimmung der Massen hinreichende Gründe darbietet, alle isolirt oder in Gruppen über das Festland vertheilte Berge von Basalt oder Trachyt für emporgequollene vulkanische Stoffe, also für Erhebungskegel erklären, so ist die Ausbreitung der vulkanischen Phänomene ungleich größer, als sie der mitgetheilten Darstellung nach zu sein scheint. Werfen wir in dieser Beziehung nur einige Blicke auf das mittlere Europa, als den am besten untersuchten Theil der Erdoberfläche, so erscheinen hier überall Basaltkegel oder Basaltgebirge, welche geschichtete neptunische Lagen in Spalten durchbrechen und auf der Oberfläche über ihnen sich ausbreiten, wie es die feurig-flüssige Beschaffenheit dieser Massen im Momente ihres Hervorquellens nothwendig macht. Besonders haben die Ufer des Rheins von Bingen bis Bonn vulkanische Massen neben sich; denn der Laacher See bei Andernach ist ein mit Wasser erfüllter Krater, und die Eifel wie das Siebengebirge bilden ein ganzes System vulkanischer Kegel, deren Menge letzterem seinen Namen gab. In Hessen sind der Habichtswald bei Kassel, der Meißner, der Kegel bei Schwarzenborn, die höchsten Punkte zweier von N nach S streichenden Basaltkegelreihen, welche das Thal der Fulda zwischen sich fassen und noch an der Weser bis weit über Minden hinaus fortsetzen. Südlich schließen sich beide Reihen an das Rhöngebirge im Osten, eine durchgehends vulkanische, aus Basaltkegeln zusammengesetzte Berggruppe, und an den Vogelsberg von ähnlicher Bildung im Westen. Auch in der sächsischen Schweiz ist der große Winterberg ein Basaltkegel, und in Böhmen besteht das Mittelgebirge, zwischen dem Erzgebirge und der Elbe, aus Phonolithkegeln, die in malerischen Gruppen die östliche Grenze

des Teplitzer Thales ausmachen. Nicht minder reichhaltig ist Schwaben an ähnlichen vulkanischen, wenn auch weniger mächtigen Massen, namentlich in den Umgebungen von Urach, woselbst sie am nordwestlichen Rande der Alp hervorbrachen und wahrscheinlich deren Hebung bewirkten. Am vollendetsten und schönsten aber erkennen wir die schlummernden Vulkane des mittleren Europas in der Auvergne, wo zahlreiche Basalt- und Trachyt-Kegel zu einer höchst ausgebildeten von N nach S streichenden Kette vereinigt sind, deren höchster Punkt, der Montd'or, 5800′ über den Meeresspiegel sich erhebt. Der berühmteste von allen ist der Puy de Dome, 5 Meilen nordwärts von jenem in der Mitte der Kette, ein ziemlich schlanker großer Kegel von 4500′ Höhe und ganz aus schönem Trachyt gebildet, mit leicht vertieftem Gipfel. Deutlicher erscheinen an anderen, wie am Puy de Pariou und Puy de Caume, napfförmige alte Krater an dessen Stelle. —

Der Raum gestattet es uns nicht, diese interessanten Betrachtungen weiter zu verfolgen; auch war eine umfassende Darstellung aller vulkanischen Gebilde der Erdoberfläche keineswegs unsere Absicht, vielmehr wollten wir bloß erfahren, wie weit dieselben sich hierhin und dorthin erstrecken, und ob sie überall an geeigneten Stellen anzutreffen seien. Und diese Untersuchung ist befriedigend dahin geendet, daß thätige wie erloschene Vulkane und vulkanische Produkte allgemeine Bestandtheile des Erdkörpers sind, daß sie sich über seine ganze Oberfläche verbreiten und theils isolirt oder in Gruppen aus den Ebenen, selbst aus dem Meere hervorragen, theils in Reihen geordnet, besonders neben Küsten sich hinziehen; oder im Binnenlande dem durch andere, größere Bergreihen vorgezeichneten Zuge folgen.

Dieser Unterschied ist noch beachtenswerth, weil er die schon erwähnte Aufstellung zweier vulkanischen Systeme, der Centralvulkane und der Reihenvulkane, veranlaßt hat; er scheint indeß mehr als eine bloße Formverschiedenheit zu beweisen. Offenbar lernen wir aus ihm, daß die in der Tiefe wirkenden vulkanischen Kräfte auf zwiefache Art sich einen Ausweg suchten, und entweder in radialer Richtung senkrecht nach oben drängten, oder divergirend nach entgegengesetzten Seiten wirkten. Im ersteren Falle wurde die Erdrinde nur an einem Punkte geöffnet, und um ihn, wie um die Mündung eines Schachtes, häuften sich die emporgetriebenen Massen kegelförmig auf, bis der Hauptkrater vollendet war. Blieb er frei, so vermehrten sich im Laufe von Jahrtausenden durch wiederholte Ergüsse die mantelförmigen Zonen seines Kegels; wurde er verstopft, so suchte sich später das eruptive Gestein einen anderen Ausweg, es brach in der Nähe des alten Kraters an seinem Fuße hervor, und bildet neue Eruptionskegel in größerem oder kleinerem Umkreise. Aber jener erste Krater blieb für alle folgenden der Mittelpunkt, das Centrum des Eruptionssystems, und darum ist für seine Form der Ausdruck Centralvulkan bezeichnend. Blicken wir nun zurück auf die Verbreitung der vulkanischen Thätigkeit, so finden

wir die Centralvulkane mehr isolirt auftreten und ohne Beziehung zu anderen Gebirgssystemen; wir sehen sie meist vereinzelt im Weltmeere aus der Tiefe emportauchen und gewahren sie ebenso oft entfernt von allen Küsten, in der Südsee, wie ihnen genähert oder sie umlagernd, an den liparischen oder canarischen Inseln, den Inseln des grünen Vorgebirges und der Gallopagos-Gruppe im Stillen Ocean. — Anders die Reihenvulkane. Ihr linearer Verlauf ist der Beweis einer wiederholten vulkanischen Thätigkeit, die sich nicht um einen Mittelpunkt äußerte, sondern an verschiedenen Stellen aus einer in der Erdkruste entstandenen längeren Spalte sich erhoben hat. Während wir annehmen dürfen, daß der Widerstand, den die feste Decke der vulkanischen Gewalt entgegenstellte, bei Centralvulkanen nach allen Seiten gleichmäßig war und eben deshalb der Vulkan unmittelbar über seinem Haupte, da, wo die kürzeste Strecke durchbrochen werden mußte, hervorbrach, können wir von den Reihenvulkanen vermuthen, daß die Decke des vulkanischen Herdes schon geborsten war, als die vulkanische Macht sich regte oder daß ihr Gestein, vermöge einer leichteren Sprengbarkeit in gewisser Richtung, sich lieber spalten, als senkrecht durchbohren ließ. Beide, die leichtere Sprengbarkeit und der ältere Riß, fallen übrigens bei näherer Betrachtung in Eins zusammen, insofern dieser jene bedingt; vielleicht daß überall nur letzterer die entscheidende Ursache zur Bildung von Reihenvulkanen wurde. Für diese Ansicht bestimmt uns einigermaßen die Beziehung, in welcher die Reihenvulkane zum Festlande stehen; ihr Parallelismus mit den Küstenrändern und ihr Anschluß an benachbarte Gebirgssysteme. Ließe sich nämlich darthun, daß die Gebirgszüge ebenfalls aus Spalten der vormals geschlossenen Erdrinde emporgestiegene Eruptivgebilde seien, so würde sich der Anschluß der Reihenvulkane an sie von selbst ergeben; er würde in den schon früher entstandenen Spalten und Rissen, welche beim Empordrängen jener älteren Massen sich bildeten, seine natürliche Erklärung finden. Wir werden später die beweisenden Gründe für diese Ansicht weiter verfolgen, und begnügen uns hier mit dem Resultat, daß die Reihenvulkane stets in bestimmten Beziehungen zu Gebirgszügen stehen. In der Cordillere Süd-Amerikas bilden sie die höchsten Gipfel des Gebirges [5]), sich unmittelbar aus seiner granitischen Unterlage erhebend; an anderen Stellen laufen sie den Gebirgszügen entweder bloß parallel, oder sie treten aus den Abhängen neben der Hauptkette hervor, und folgen ihrer Richtung genauer. So war es in Guatimala, so auf Java und Kamtschatka, wo die Vulkane eben

5) Seit einiger Zeit galten nicht die vulkanischen Gipfel bei Quito, sondern die aus Grauwackenschiefern bestehende Nevada de Sorata und der Illimani für die höchsten Punkte der Andeskette. Indeß haben gerade die jüngsten Untersuchungen das Gegentheil gelehrt. Nach Pentland's Charte von Bolivien ist die Nevada nur 19,972 Fuß hoch, während A. v. Humboldt, dessen Theilnahme ich diese Notiz verdanke, den Chimborasso zu 20,100 Fuß bestimmte.

deshalb unmittelbar bis an die Meeresküsten reichen. Diese Nähe des Meeres ist aber für die Vulkane keineswegs eine nothwendige Bedingung ihres Bestehens, sondern, wie die Betrachtung der mexikanischen und centralasiatischen Vulkane zeigt, eine äußerliche, die in anderen von uns schon angedeuteten Ursachen ihren Grund hat. Bei genauer Ansicht finden wir nämlich die Vulkane nur dann dicht an Meeresküsten, wenn auch der Gebirgszug, dem sie folgen, dem Ufer sich nähert. Diese Nähe scheint die alleinige Ursache vom Annähern der Vulkane zu sein. Denn alle plutonischen ungeschichteten und versteinerungslosen Massen sind schon wegen ihrer formellen Aehnlichkeit mit den Laven (S. 61) als vormals feurig-flüssige Gebilde anzusehen, welche ebenfalls aus Spalten der festen Erdrinde von unten hervordrangen, und ihrer Richtung folgte später die vulkanische Masse, weil die den Vulkan emportreibende Kraft grade da den geringsten Widerstand fand, wo frühere Eruptionen die Decke bereits gesprengt hatten. Wo aber, wie im Meere, in der Ebene, solche Wegweiser den treibenden Dämpfen fehlten, wo die Erdrinde noch nicht von früheren Erhebungen gespalten war, da mußten die Abzugskanäle durch jene Dämpfe erst gebildet werden, da mußten sich aufrechte Gänge, gleichsam Schornsteine, vielleicht auf die Art entwickeln, daß die über dem vulkanischen Herde gelagerten älteren Gesteine mittelst Einwirkung der heißen Dämpfe allmälig erweicht, verändert oder zerstört wurden; und daher stehen in den ebenen oder hügeligen Gegenden die Vulkane in keiner Beziehung zu den nächsten Bergketten. Der Umstand endlich, daß auch an solchen Stellen die Vulkane bisweilen Reihen bilden, spricht für ihren plötzlichen Durchbruch und für die momentane Bildung von linearen Spalten; denn überall berstet die Erdrinde in dieser Weise, wenn sie bricht, und ebendaher giebt sie zu reihenweis geordneten Eruptionspunkten Veranlassung.

8.

Temperatur des Erdkörpers in der Tiefe. — Spezifisches Gewicht desselben. — Resultate, die daraus folgen.

Der erste Theil unserer Untersuchung, welcher Auskunft über den Zusammenhang der vulkanischen Phänomene geben sollte, ist durch die fast allgemeine Vertheilung von Erhebungskegeln und gehobenen Eruptionsstoffen über die Erdoberfläche ziemlich bejahend für die Annahme eines Zusammenhanges zwischen allen vulkanischen Herden ausgefallen; wir haben nun noch den zweiten Theil, die Temperatur des Erdkörpers in seiner Tiefe betreffend, in Betracht zu ziehen.

Die Mannigfaltigkeit der Temperaturunterschiede in der Atmosphäre, welche den Erdball umgiebt, beweist schon hinlänglich, ohne genauere Beobachtungen, eine Unabhängigkeit ihrer Temperaturgrade von der eigenthümlichen Temperatur des Erdkörpers; denn wären sie Resultate einer solchen, so müßten sich dieselben Unterschiede in der Erde, wie über ihrer Oberfläche in der Atmosphäre zeigen. Nun weiß aber Jedermann, daß es in verschlossenen Kellern im Winter nicht friert, und daß eben diese Räume im Sommer kühl bleiben, während die Atmosphäre im Laufe beider Jahreszeiten durch die verschiedenen Temperaturgrade von — 20 bis + 20 und darüber hindurch geht. Und wie sich in dieser Beziehung bei uns der Erdkörper verhält, so finden wir ihn auch unter dem Aequator, wie am Nordpol, so weit wir letzterem nahe gekommen sind; an beiden Orten ist die Wärme oder Kälte der Luft allein eigen und nicht dem Erdkörper, denn es friert so wenig in Kellern am Nordcap, wie bei uns, und alle hohen Hitzgrade der Tropenzone sind auf die Atmosphäre und einige Zoll der Erdoberfläche beschränkt [1]), in welche sie eindringen können. Daher auch in ihr der gewaltige Unterschied von Tag- und Nacht-Temperatur; ein Wechsel, der eben so unbegreiflich sein würde, wie der Unterschied zwischen der Sommer- und Winter-Temperatur in der gemäßigten Zone, wenn man die Temperatur der Atmosphäre überhaupt von der Erdboden-Temperatur ableiten wollte.

Schon aus dieser kurzen Betrachtung folgern wir mit allem Recht eine eigenthümliche Temperatur des Erdkörpers, die von der Temperatur in der Atmosphäre unabhängig ist. Auf die Beschaffenheit dieser seiner Temperatur näher eingehend finden wir zunächst, daß sie in Tiefen, bis zu welchen die Unterschiede der Luft-Temperatur nicht mehr hinabdringen, entschieden über 0° sein muß, denn wäre sie unter 0°, so müßte alles Wasser in der Erde gefroren sein, und das ist nur in sehr hohen Breiten an Orten der Fall, deren mittlere Temperatur unter 0° fällt [2]). Da nun das Wasser sehr leicht und schnell die Temperatur seiner Umgebung annimmt, so dürfte uns die Temperatur der an den verschiedensten Orten hervorrieselnden Quellen zunächst einige Aufschlüsse über die Temperatur der Erde selbst ertheilen können. Wir werden hierdurch veranlaßt, uns um die Quellentemperatur etwas näher zu bekümmern.

Die darüber aufgestellten Untersuchungen haben zu verschiedenen Zeiten

1) Nach Boussingault herrscht schon in einer Tiefe von 8—10 Zoll unter der Oberfläche eine constante Temperatur zwischen den Tropen.

2) A. Erman hat dies Gesetz allgemein nachgewiesen (Monatsbericht der Berliner geogr. Gesellsch. I 26). Es folgt daraus von selbst, daß Gegenden mit gefrornem Boden keine fließenden Quellen oder Brunnen haben können, wie es die Bohrversuche bei Jakutsk bestätigen. Die Stärke des gefrornen Bodens kennt man noch nicht; bei Jakutsk thaut die Erdoberfläche im Sommer durchschnittlich 3—4 Fuß tief auf.

zwar von einander abweichende Resultate herbeigeführt, scheinen aber nach den neueren umfassenden Forschungen von Bischof[3]) zu ihrem nunmehrigen definitiven Endergebniß gelangt zu sein. Dieser sorgfältige Gelehrte hat besonders darauf hingewiesen, daß man die Quellen nicht von einem Gesichtspunkte aus beurtheilen dürfe, sondern sowohl den Ursprung ihrer Gewässer, als auch die Tiefe, aus welcher sie hervorströmen, genau beachten müsse, um über ihre Temperatur ein allgemeines Gesetz angeben zu können. Nach seinen Erfahrungen wechseln alle Quellen, welche aus den oberen Schichten der Erdrinde ihren Ursprung nehmen, oder als die unmittelbaren Ableiter superficieller Gewässer: benachbarter Flüsse, Bäche, Seen u. s. w. anzusehen sind, ihre Temperatur in derselben Weise, wie die Atmosphäre und die äußere Kruste der Erde; allein ihre Verschiedenheiten werden erst später empfunden, weil die jedesmalige Luft-Temperatur eine gewisse Zeit braucht, um die Erdschichten zu durchdringen. Bischof bestimmt die Schnelligkeit dieser Bewegung in unsern Gegenden auf 6 Fuß für den Monat, und folgert daraus für 36—40 Fuß Tiefe eine halbjährige Dauer des Fortschrittes. Quellen, die nicht unter der genannten Tiefe entspringen, werden also im Sommer kälter sein, als die Luft, im Winter wärmer, und die jedesmalige Differenz der Temperatur wird um so stärker ausfallen, je tiefer die Wasserschicht liegt, aus welcher sie hervorkommen. Zur Bestimmung einer eigenthümlichen Temperatur des Erdkörpers lassen sich aber die Quellen mit veränderlicher Temperatur gewiß nicht in Anwendung bringen; denn ihre Veränderlichkeit würde das Gegentheil beweisen. Wissen wir aber, daß dieselbe mit der Luft-Temperatur in Harmonie steht, so folgt, daß ihre Temperatur aus der Atmosphäre sich herschreibt, mithin für eine Bestimmung der eignen Temperatur des Erdkörpers sich nicht eignet. —

Allein es giebt nicht bloß Quellen mit veränderlicher Temperatur, sondern auch andere vielleicht zahlreichere Quellen mit konstanter, keinem jährlichen Wechsel unterworfener; und auf solche Quellen richtete sich von jeher die besondere Aufmerksamkeit der Beobachter. Einige konstante Quellen haben ziemlich genau die mittlere Temperatur[4]) des Ortes, an welchem sie entspringen, andere sind kälter, noch andere wärmer; die letzteren nennt man Thermen. Früher glaubte man zu dem Resultate gelangt zu sein, daß die Quellen mit konstanter Temperatur in den kalten und gemäßigten Zonen wärmer seien als die mittlere Temperatur des Ortes, in den warmen und heißen Gegenden aber kälter, und leitete diese angebliche Thatsache

---

3) G. Bischof, die Wärmelehre im Innern der Erde. Leipzig 1837. 8. — Dessen: Chemische Geologie. Bonn 1846. 8.

4) Unter der mittleren Temperatur eines Ortes versteht man bekanntlich die Zahl der Grade, welche man erhält, wenn man die Temperaturen aller Tage eines Jahres addirt und durch 365 dividirt. Die Temperatur eines Tages bestimmt man ähnlich durch Summiren der angestellten Tag- und Nachtbeobachtungen und ihre Division mit der Zahl der Beobachtungen.

ebenfalls von den Einwirkungen der Atmosphären=Temperatur auf den Erdboden ab. Man meinte, im Winter, wo eine dicke Schneeschicht die Oberfläche kalter Zonen bedecke, dringe weniger Kälte in die Erde ein, als die Luft besitze, weil der Schnee eine schützende Decke gegen den Frost abgebe, und das Eindringen niedriger Temperaturen verlangsame. Daher erhalte der Boden im Winter weniger Kälte, als die Luft. Im Sommer aber gelange dieselbe Wärme in ihn, die in der Luft anwesend sei; es komme also verhältnißmäßig mehr Wärme in die Tiefe als Kälte, und daher müsse die mittlere Temperatur des Bodens geringer sein, als die der Luft. Stehen nun in dieser Tiefe Wasser, so werden sie die Temperatur ihrer Umgebung annehmen, und die Quellen, welche von den Wassern gespeist werden, eben die Temperatur dieser Wasser besitzen. Umgekehrt sei es in der Tropenzone. Hier verlangsame die in der trocknen und kalten Jahreszeit sehr fest gewordene oberste Schicht des Bodens das Eindringen der tropischen Hitze, während die darauf folgenden heftigen Regengüsse jene Kruste nur langsam erweichen und die dann herrschende höhere Temperatur der Luft an sich tragend mit ihr bloß in die obersten Erdschichten eindringen. Es erhalte also der tropische Boden im Ganzen weniger Wärme, als die Atmosphäre über ihm habe; folglich müsse das Mittel aus beiden Temperaturen im Boden geringer sein, als in der Luft, und die Quellen, welche aus der Tiefe der konstanten Temperatur herauskommen, müßten kälter sein, als die mittlere Luft=Temperatur. B i s ch o f leugnet diesen Prozeß, er behauptet, daß in allen Fällen, wo Beobachter Resultate wie die angedeuteten fanden, lokale Ursachen die Schuld tragen, und daß Quellen mit konstanter Temperatur, welche von der Mittel=Temperatur ihres Ortes abweichen, nicht aus der Region der mittleren Temperatur in der Tiefe ihren Ursprung nehmen; sondern aus einem ganz andern Niveau ihren Wasservorrath entlehnen. Zunächst die k a l t e n Quellen mit konstanter Temperatur rühren von Gewässern her, welche lange Zeit in höheren Regionen der Erdoberfläche verweilten und von der dort herrschenden kältern Temperatur abgekühlt wurden. Sie finden sich darum nur in gebirgigen Gegenden, ganz besonders in tiefen Gebirgsthälern, und erhalten ihr Wasser von den Höhen der Berge, größtentheils aus hochgelegenen Gebirgsseen, oder geradezu aus Gletschern, deren unterirdisch abfließende Gewässer sie zu Tage fördern. Anders verhalten sich die T h e r m e n; ihre höhere Temperatur zeigt auf einen tiefern Ursprung hin, weil die eigentlichen Wasservorräthe aller warmen Quellen, deren Lage sich bestimmt nachweisen läßt, in größeren Tiefen angetroffen werden. Dies gilt zumal von den künstlich erbohrten Quellen oder Artesischen Brunnen, welche aus einer genau bekannten Tiefe sich erheben; immer ist ihre Temperatur größer, als die mittlere Temperatur ihres Ortes, und zwar um so bedeutender, je tiefer sie entspringen. Die vielfach besprochene, künstliche Quelle von G r e n e l l e bei Paris, deren Wasser in 1800 Fuß Tiefe erbohrt wurde, hat

eine Temperatur von 22° Reaum., neben der mittleren Ortstemperatur von 8° Reaumur. Das erst kürzlich bei Neuffen in Schwaben bis zu 1186 Fuß niedergetriebene Bohrloch ergab die überraschende Höhe von 36° Reaum., wiewohl die daselbst herrschende mittlere Temperatur jene von Paris schwerlich übertreffen wird. Auch bei Artern in Thüringen, wo man vor einigen Jahren das Steinsalzlager in einer Tiefe von 986 Fuß durch Bohrversuche auffand, besitzt die Soole eine Temperatur von 15° Reaum., und bei Dürrenberge, wo die Bohrversuche noch fortgesetzt werden, obgleich man schon bis auf 1065 Fuß Tiefe hinabgedrungen ist, hat die aus 660′ Tiefe hervorquellende Soole ebenfalls eine Temperatur von 15° Reaum. gezeigt; während die mittlere Temperatur in hiesiger Gegend 6° Reaum. nur wenig überschreitet. Auf ähnliche vielfach wiederholte Erfahrungen gestützt, erklärt es Bischof für ein allgemeines und völlig außer Zweifel gestelltes Gesetz, daß die Quellen um so wärmer sind, je tiefer ihr Ursprung liegt, und umgekehrt um so kälter, je höher ihre Wasser im Erdboden anstehen. Hieraus folgt aber, daß der Erdkörper in einer gewissen Tiefe erwärmend auf die in ihm enthaltenen Wasser einwirke, selbst also eine gewisse höhere Temperatur haben müsse; wenn man nicht jene Wärme von lokalen zufälligen Umständen herleiten könnte, was freilich in manchen Fällen wohl möglich sein möchte.

Eine solche Annahme scheint nämlich für sehr warme oder heiße Quellen zulässig, und wird für sie auch gern zugegeben. Denn betrachten wir die Ursprungsorte heißer Quellen [5]) genauer, so ergiebt sich in den meisten Fällen sehr bald eine Beziehung derselben zu noch thätigen oder erloschenen Vulkanen, und da wir die hohe Hitze derselben bereits kennen, so dürfen wir uns über die gesteigerte Temperatur des Wassers in ihrer Nähe nicht wundern. Wir können daher aus heißen Quellen nicht mehr über die Temperatur des Erdkörpers folgern, als was wir schon aus den Vulkanen ersahen; höchstens ließe sich aus der Anwesenheit der meisten heißen Quellen in der Nähe erloschener Vulkane beweisen, daß in der Tiefe dieser ausgebrannten Kegel noch ein hoher Hitzgrad herrschen müsse; mithin ein Vulkan, der keine Eruptionen mehr macht, noch nicht die gänzliche Abnahme der Temperatur auf seinem alten Herde oder in seiner Nähe bezeuge.

Die Untersuchungen der Quellen führen also zu einem nur annäherungsmäßig befriedigenden Resultate über die eigene Temperatur des Erdkörpers, sie zeigen entweder eine Schwankung der Temperatur in den obersten Schichten der Erdrinde, je nach der Verschiedenheit des Orts, und

---

5) Die beobachteten Temperaturen warmer Quellen sind sehr verschieden und schwanken selbst an nahe gelegenen Orten sehr stark. Von den Teplitzer Quellen haben einige 21°, andere 38°. Ziemlich eben so warm sind die Quellen am Mont-d'or. Die Achener Quellen haben 46°, die Burtscheider bis 62°, der Karlsbader Sprudel 59°; eine Quelle zu Trinchera bei Valencia in Süd-Amerika 72°, die Springquelle des Geiser sogar 80°.

eine Abhängigkeit derselben, ganz wie in der Atmosphäre, von der Einwirkung der Sonne; oder bei konstanter Temperatur einen Ursprung aus Tiefen, welche zwar erwärmend wirken, aber hohe Hitzgrade noch nicht zu besitzen scheinen. Wir müssen daher zu beträchtlicheren Tiefen uns wenden, wenn wir die dem Erdkörper eigenthümliche hohe Temperatur erkennen wollen.

Man hat jetzt ziemlich genügende Erfahrungen über diesen Punkt, und ist besonders durch die vielfachen neueren Bohrversuche zu dem allgemeinen Resultate gekommen, daß die Temperatur im Innern der Erde um so mehr zunimmt, je tiefer man in dieselbe eindringt [6]). Ein solches Resultat, wenn es als ein allgemeines angenommen werden darf, ist gerade für uns ein höchst wichtiges und willkommenes, weshalb wir bei seiner näheren Begründung noch einige Zeit verweilen wollen. Erst seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts wurden die Physiker auf diesen Punkt aufmerksam; man überzeugte sich, daß unter einer Tiefe von 50 — 60′ die mittlere Bodentemperatur der gemäßigten Zone nicht mehr konstant bleibe, sondern dafür nach und nach eine höhere sich einstelle, je tiefer man vordringt. Eine so merkwürdige Thatsache erregte die Wißbegierde vieler Naturforscher, und veranlaßte d'Aubuisson, Saussure, v. Trebra, Fox, Alex. v. Humboldt, Cordier u. m. a., Beobachtungen anzustellen, um Resultate daraus abzuleiten. Bei allen war das Ergebniß dasselbe, wenn auch die Gradation dieser Zunahme an verschiedenen Orten als verschieden sich auswies und zwischen 75 — 110 Fuß für 1° Wärmesteigerung schwankte. Ja es scheint, nach den neuesten und höchst sorgfältigen Beobachtungen, welche an mehreren Orten der preußischen Monarchie angestellt wurden, die letztgenannte Zahl der Fuße für unsere Gegenden die wahrscheinlichste zu sein, und nach vielfach wiederholten Beobachtungen an verschiedenen Punkten gleicher Breite bald eine etwas größere, bald eine geringere Wärmezunahme stattzufinden. Zugleich scheinen, in Folge dieser Beobachtungen, nicht alle Gesteine eine gleiche Steigerung oder gleiche Temperaturgrade überhaupt zu besitzen, sondern die einen wärmer zu sein als die andern. Noch interessanter ist die von Fox beobachtete Erscheinung, daß die metallhaltigen Gänge wärmer sein sollen, als die sie umgebenden Gesteine; sie bedarf indeß einer erneuten Untersuchung, um für allgemeine Thatsache gelten zu können, so willkommen sie auch, bei der bekannten größeren Wärmeleitungsfähigkeit der Metalle, Denen sein mag, die eine Centralgluth aus dieser Wärmezunahme nach innen herleiten. —

Die Nothwendigkeit einer solchen Annahme versteht sich wohl von selbst, wenn das auf den Beobachtungen der Erdrinde bis zu einer Tiefe von nahe an 2000 Fuß beruhende Gesetz einer stetigen Wärmezunahme nach unten ein allgemeines ist, und auch für größere Tiefen in ähnlicher

---

6) Ausführliche Mittheilungen über diesen Gegenstand geben die bereits erwähnten (S. 108) Werke von Bischof.

Weise gilt. Denn nehmen wir bei einer Tiefe von 40 Fuß 8° Reaum. als mittlere Bodentemperatur unserer Gegenden an, und lassen von da die Wärme mit je 110 Fuß um 1° wachsen, so erhalten wir schon bei 9000 Fuß Tiefe die Siedhitze des Wassers. Hierbei ist nun bloß eine gleichmäßige arithmetische Zunahme vorausgesetzt, die nicht einmal wahrscheinlich ist, wenn die innere Wärme von einer Centralgluth herrührt; sie müßte vielmehr in diesem Fall nach unten schneller, nämlich in geometrischer Progression, steigen, mithin schon bei einer geringeren Tiefe bis auf den Siedpunkt des Wassers gekommen sein. Eine Tiefe von 9000 Fuß ist aber für die Masse des Erdkörpers eine sehr geringe; auch müßten, wenn die glühenden Massen, welche von den Vulkanen ausgeworfen werden, von einer Centralgluth herrühren sollen, dieselben begreiflicherweise noch viel tiefer liegen. Die Frage, eine wie große Tiefe zu ihrem Flusse erforderlich sei, ist übrigens nicht so schwierig, wenn man weiß, wie hoch der Hitzgrad ist, mit welchem die geschmolzenen glühenden Laven hervorbrechen. Sichere Angaben sind freilich darüber nicht vorhanden, denn Parrot setzt sie z. B. auf den Schmelzpunkt des Silbers (978° R.), Hoffmann dagegen auf den des Eisens (1540° R.); und Bischof fand geschmolzenen Basalt in einer Temperatur, welche den Schmelzpunkt des Kupfers (1118° R.) übertraf[7]). Wollen wir demnach diese directe Beobachtung als Maßstab annehmen, und die Temperatur der vulkanischen Herde etwa auf 1200° Reaum. setzen, so würde bei gleichmäßiger Zunahme der Wärme in der oben angegebenen Weise eine Tiefe von 6 geogr. Meilen erforderlich sein, um jenen Hitzgrad hervorzubringen[8]). Selbst diese Tiefe, so bedeutend sie uns auch erscheinen mag, ist in der That gering gegen den Halbmesser unserer Erdkugel von $859\frac{3}{10}$ Meilen; sie würde uns, wenn wir sie als den muthmaßlichen Durchmesser der festen Rinde annehmen wollten, doch einen Kern von 140mal größerem Durchmesser ergeben, mithin kaum tiefer in die Erdmasse hinein sich erstrecken, wie am Apfel etwa die lederartige Rinde sich verbreitet, welche wir behufs des Genusses von der ganzen Frucht abschälen.

Der Annahme eines stetigen Fortschrittes der Temperatur gegen den Mittelpunkt der Erde in derselben Weise, wie wir ihn bei geringen Tiefen nahe der Oberfläche entschieden wahrnehmen, kann aber kein in der Natur unseres Erdkörpers, so weit wir ihn kennen, begründeter Einwurf entgegen-

---

7) Die Zahlenwerthe beruhen auf Messungen mit Daniell's Pyrometer; die mit dem Wedgewood'schen ergeben, namentlich für das Eisen, eine weit höhere Temperatur.

8) Auch diese Angabe ist vielleicht noch zu groß; Mitscherlich glaubt annehmen zu dürfen, daß schon in einer Tiefe von 5 Meilen die Schmelzhitze des Granits herrsche, wenn letztere, wie Versuche ihm lehrten, auf 1300 Cels. (1040 Reaum.) gesetzt wird.

gesetzt werden; vielmehr dürfte sich dazu aus den beobachteten Thatsachen eine hinreichende Veranlassung ergeben, und somit die vorgetragene Schlußfolge als eine gerechtfertigte erscheinen.

Dieses wichtige Resultat giebt uns, in Verbindung mit der fast allgemeinen Verbreitung thätiger Vulkane an den Rändern der großen Continentalmassen, gleichwie das Vorhandensein vulkanischer Eruptionsstoffe oder Kegelberge in der Nähe vieler, wenn nicht aller, größeren Gebirgssysteme, ein bedeutungsvolles Mittel an die Hand, von den früheren Zuständen unseres Erdkörpers eine Vorstellung zu gewinnen; es läßt zunächst der Annahme völlige Berechtigung, daß jene beiden Erscheinungen in einem innigen Zusammenhange stehen, daß in bedeutenden Tiefen geschmolzene Materien überall im Erdkörper vorhanden sein werden, und daß diese geschmolzenen innersten Bestandtheile der Erde, von sich entwickelnden Dämpfen und großen Druckkräften anderer Art getrieben, nach oben durchbrachen, wo sie den geringsten Widerstand gefunden haben.

Ehe wir aus einer so bedeutungsvollen und allem Anschein nach entschiedenen Thatsache von der Beschaffenheit des Erdkörpers in Tiefen, bis zu denen wir nicht mehr vordringen können, Schlüsse über die frühere Beschaffenheit desselben und seine ersten jugendlichen Zustände herleiten, scheint es passend zu sein, von den Schichten unter jenen geschmolzenen Materien und ihrer wahrscheinlichen Qualität einige Ansichten zu entwickeln, die auf ähnlichen Grundlagen beruhen, wie die Behauptung eines feurig-flüssigen Stratums unter der festen Rinde.

Man hat nämlich, von demselben Interesse geleitet, welches uns anspornt, die frühere Geschichte des Erdkörpers aus seinen gegenwärtigen Erscheinungen zu erklären, auch mancherlei Ansichten über die innerste Beschaffenheit, über den Kern der Erde aufgestellt, und ihn bald für hohl erklärt, bald mit einem gasförmigen Stoffe als erfüllt betrachtet. Diese letztere Ansicht könnte sogar mit einiger Wahrscheinlichkeit aus der schnellen, in geometrischer Progression steigenden Wärmezunahme nach innen gefolgert werden; allein der Druck, den die peripherischen Massen auf die centralen ausüben, und von jeher ausgeübt haben müssen, scheint ihre Annahme zu verbieten. — So unsicheren Muthmaßungen wollen wir indeß keine weitere Folge geben, sondern lieber auf Thatsachen hinweisen, die der unmittelbaren Beobachtung zugänglich und durch sie bereits ermittelt worden sind. Solcher Art ist die Lehre von der Dichtigkeit der Erde, welche uns den Erdkörper mit allen seinen Bestandtheilen wiegen läßt, und darnach ihm die mehr als fünfmalige Schwere einer eben so großen Wasserkugel beilegt. Man nennt das Gewichtsverhältniß, welches auf Vergleichung der Schwere eines anderen Körpers mit der Schwere einer eben so großen Wassermasse beruht, bekanntlich sein spezifisches Gewicht, und findet dasselbe für die Erdmasse als Ganzes genau

5,44 mal schwerer [9]) als das des Wassers allein. Dieses Resultat ist höchst überraschend, weil wir aus den spezifischen Gewichten aller festen Rindenbestandtheile des Erdkörpers höchstens ein Mittelgewicht von 2,78 erhalten. Da nun das Meerwasser noch einen sehr großen Antheil an der Rinde hat, mithin durchaus in Anschlag gebracht werden muß, wenn es sich um das spezifische Gewicht der ganzen Rinde handelt, so würde nach Berücksichtigung seines Antheils das Gewicht der Rinde nur zu 1,52 angenommen werden können. Bestände also die Erde in der Tiefe aus denselben Materien, welche ihre Rinde bilden, so könnte auch ihr spezifisches Gewicht im Ganzen nicht größer sein, als das der Rinde; es müßte vielmehr noch geringer ausfallen, weil das Wasser keineswegs bloß auf der Oberfläche steht, sondern überall bis in beträchtliche Tiefen, ja, wie früher wahrscheinlich gemacht wurde, selbst bis zu den vulkanischen Herden hinabdringt. Ist also das spezifische Gewicht der Erde wirklich 5,44, woran nach den ziemlich übereinstimmenden Untersuchungen der Astronomen und Physiker nicht gut gezweifelt werden kann, so müssen die Schichten der Erde unter der Rinde, welche wir kennen, eine beträchtlich größere Schwere besitzen, da sie mit ihr vereint als Masse abgewogen ein so bedeutendes spezifisches Gewicht des Erdganzen ergeben. Diese Betrachtungsreihe ist eine unzweifelbare, durchaus in der Natur der beobachteten Thatsachen [10]) begründete, und führt uns unmittelbar zu dem neuen, wichtigen Resultate, daß Metalle im Innern der Erde an Masse zunehmen müssen, weil sie die einzigen Materien sind, welche an Schwere die Bestandtheile der Erdrinde bedeutend übertreffen. Eine solche Behauptung ist in jeder Beziehung zulässig und gerechtfertigt; gewagter aber würde die Angabe sein, wie und in welchem Zustande sich die Metalle hier finden, und welches von den verschiedenen Metallen das vorherrschende sei. Beide Fragen lassen sich nur mit Wahrscheinlichkeiten, oder geradezu mit Muthmaßungen beantworten, daher es nicht viel ausmachen kann, wenn wir solche Antworten zu geben suchen, oder sie ganz übergehen. Doch ist es vielleicht manchem Leser nicht uninteressant, auch bloße Muthmaßungen zu hören, weshalb wir der Hypothese beitreten, welche im Innern der Erde große Quantitäten von Eisen annimmt. Wir stützen diese Behauptung besonders darauf, daß Eisen von allen Metallen auch am häufigsten in der Rinde sich befindet, daß alle

---

9) Die jetzige Angabe statt der früheren, auf 4,93 bestimmten, ist aus den genauen Untersuchungen von F. Reich gezogen; vergl. dessen Schrift: Versuche über die mittlere Dichtigkeit der Erde mittelst der Drehwage. Freiberg 1838. 8.

10) Die Methode, wie man zu den angeführten Thatsachen gelangt, kann hier nicht weiter verfolgt werden, da ihr Verständniß genaue physikalische und mathematische Kenntnisse voraussetzt. Diejenigen Leser, welche sich beider im genügenden Umfange erfreuen, um den darauf beruhenden Untersuchungen folgen zu können, verweise ich noch auf E. Schmidt's Lehrbuch der mathematischen Geographie. I. 387. §. 418, und besonders II. 469—487. §. 337—352.

Vulkanlaven Eisen enthalten, und manche von ihnen in hinreichender Menge, um selbst auf den Magnet wirken zu können. Auch die Aërolithen oder Meteorsteine, welche von Zeit zu Zeit auf unsern Planeten herabfallen, und bei näherer Untersuchung, wenigstens häufig[11]), fast ganz aus Eisen bestehen, können dieser Ansicht als Stütze dienen; da man sie jetzt ziemlich allgemein für eigenthümliche, im Weltraum entstandene Gebilde zu halten geneigt ist, welche auf ihren Bahnen um einen Centralkörper, der von den meisten Astronomen für die Sonne, von einigen für die Erde selbst erklärt wird, in den Bereich der Attraction unseres Planeten gelangten und von ihm völlig angezogen wurden. Die Art und Weise, wie das Eisen in den Meteorsteinen enthalten ist, kann ferner neue Fingerzeige über die Beschaffenheit desselben im Innern der Erde ertheilen; und weil dies Metall im Ganzen eine sehr große Neigung äußert, mit anderen Stoffen chemische Verbindungen einzugehen, so wird sich sein Vorkommen wohl nicht auf den regulinischen Zustand beschränken, sondern wir werden es mannigfach gemischt in der Tiefe des Erdkörpers vermuthen dürfen.

Durch diese Betrachtung, wie viel Wahrscheinlichkeit auch in ihr enthalten sein mag, kann indeß immer nichts Sicheres bewiesen werden; dagegen möchte eine andere verwandte Untersuchung noch etwas mehr Licht über den fraglichen Gegenstand verbreiten. Die allermeisten und gerade die edelsten Metalle befinden sich ganz besonders in den untersten Schichten der Erdrinde; theils in den krystallinischen Straten, deren feurig-flüssiger Ursprung keinem Zweifel mehr unterliegt, theils in den ältesten neptunischen Lagen. In diesen Gesteinen sind die Metalle aber nicht als gleichmäßige Gemengtheile enthalten, sondern an besonderen eigenthümlichen Ablagerungsorten niedergelegt, welche man je nach ihrer Form Gänge oder Lager nennt. Beide sind ganz entschieden Spalten, die Gänge meistens senkrecht oder geneigt aufsteigende, die Lager wagrecht fortgehende, in welche sich eine von dem gespaltenen Gestein verschiedene Masse später eingedrängt hat. Diese Masse ist entweder reines Metall, oder ein krystallisirter erdiger Stoff, oder noch öfter ein Gemisch von beiden. Eine nähere Untersuchung dieser Spalten hat ferner gelehrt, daß sie sich nach oben verschmälern, zulaufen und im Gestein enden, nach unten dagegen häufig weiter werden und immer tiefer und tiefer hinabreichen, indem ihr Ursprung oft unergründlich bleibt, oder wie der Bergmann sich ausdrückt, in die ewige Teufe hinabsteigt. Dabei zeigen die in ihnen enthaltenen Ausfüllungsmittel in

---

11) Man unterscheidet den chemischen Bestandtheilen nach zwei Arten von Meteorsteinen; die eine viel häufigere Art besteht vorzugsweise aus Eisen (70 bis 96 Proc.) und Nickel, die andere seltenere ist ein Gemenge von krystallinischen Silikaten ohne Eisen, worunter Augit, Labrador, Albit und Hornblende die Hauptmasse bilden. Vergl. Berzelius in Leonhard's und Bronn's neuem Jahrb. 1836. S. 599, und Rammelsberg, Wörterb. der chem. Mineral. I. 422, und I. Suppl. 98. Jene nennt man jetzt lieber Meteoreisen und nur diese noch Meteorsteine.

vielen Fällen deutlich das Verhalten von unten emporgequollener Massen; in manchen lückenhaften Gängen scheinen die Stoffe sogar in Dunstform aufgestiegen zu sein, und hier langsam erkaltend als Krystalle an den Wänden sich abgesetzt zu haben; ja es ist oft ganz deutlich, daß die eine Gangmaterie schon da war, als die zweite später in ähnlicher Weise ihr nachfolgte, und dann ist die metallische gewöhnlich die spätere, auf die erdige aufgehäufte [12]).

Alle diese Thatsachen lassen nur die eine Erklärung zu, daß jene ganghaltigen Gebirgsgesteine geraume Zeit nach ihrer Bildung durch neue Kräfte von unten her zerrissen wurden, daß in diese Lücken Materien in flüssiger oder gasförmiger Gestalt hineindrangen und hier krystallinisch oder derb sich absetzten, je nachdem der Ausscheidungsproceß langsam oder schnell, ohne oder mit Störungen von außen verbunden vor sich ging. Dabei versteht es sich von selbst, daß Stoffe, welche von untenher in Lücken anderer eingedrungen sind, unter ihnen liegen müssen; weshalb es bloß einer sorgfältigen Betrachtung der metallischen Ablagerungsorte in der Erdrinde bedarf, um zu der Ueberzeugung zu gelangen, daß auch diese Metalle vormals unter den Stoffen lagen, in deren Spalten und Rissen oder Lücken sie nunmehr enthalten sind. Auf einem ganz andern, von dem frühern völlig verschiedenen Wege sind wir also wieder zu demselben Resultat gelangt und haben die unter der erforschten Erdrinde gelagerten Schichten als metallische Stoffe erkannt, welche sich wahrscheinlich noch jetzt in einem feurigen Flusse befinden mögen.

Zugleich zeigt uns die nähere Untersuchung des Inhaltes der Gänge, daß der metallische Erdkern keineswegs bloß aus Eisen bestehen könne, denn nicht nur Eisen, auch alle anderen Metalle, werden in ihnen und in den verschiedensten Verbindungen angetroffen. Alle unsere edlen Metalle haben wir aus solchen Gängen, und diejenigen, welche wir nicht daher haben, welche, wie das Gold, im Sande der Flüsse gefunden werden, stammen doch ohne Zweifel aus Gängen her, und sind von den im Gange emporsteigen-

---

12) Werner erklärte die Ausfüllung der Gänge, gemäß seiner neptunischen Ansicht, durch Absatz aus Gewässern, welche von oben her in die Spalten eingedrungen seien. G. Bischof sucht jetzt die Richtigkeit dieser Ansicht insoweit darzuthun, als er den wässerigen Ursprung der Erz- und Quarzgänge für durchaus nöthig erklärt, und bloß den Gängen, die mit plutonischen und vulkanischen Massen erfüllt sind, eine feurig-flüssige Ausfüllung gestattet (Leonhard's und Bronn's neues Jahrbuch 2c. 1844. S. 257). Indeß räumt er ein, daß die Ausfüllungsmasse auch auf nassem Wege theils durch heiße Dämpfe, theils durch Infiltration des Wassers von unten herauf geführt oder aus den Muttergesteinen des Ganges ausgelaugt sei. Die Metalle erlitten dabei große Veränderungen und wurden aus kohlensauren, schwefelsauren und anderen im Wasser löslichen Verbindungen theils niedergeschlagen, theils als solche abgeschieden und durch Entfernung der Säuren oder des Sauerstoffs in Oxyde oder Schwefelmetalle umgesetzt. Vergl. dessen Chemische Geologie. I. u. II. Bonn 1847—1853.

den Wassern bloß mechanisch mit fortgeführt, oder durch Verwitterung des Muttergesteins über die Oberfläche zerstreut worden.

Wir fassen jetzt, zu so bedeutungsvollen Resultaten gelangt, dieselben übersichtlich zusammen, ehe wir neue Untersuchungen beginnen, und sprechen in Folge der früheren nachstehende allgemeine Gesetze aus.

1. Der Erdball besteht auf seiner festen Oberfläche aus zweierlei Arten von Bestandtheilen; die einen, welche geschichtet sind, in unabänderlicher Reihe auf einander folgen und Versteinerungen enthalten, sind Niederschläge aus dem Wasser; die anderen von krystallinischem oder derbem Gefüge, stets ohne konstante Reihenfolge und ohne Versteinerungen, befanden sich ursprünglich in einem feurig-flüssigen Zustande.

2. Alle Gebilde der letzteren Art sind von unten emporgehoben, und lagen anfangs als feuriger Fluß, der erst später erkaltete, unter den geschichteten.

3. Unter ihnen finden sich noch jetzt geschmolzene Massen von ähnlicher Beschaffenheit.

4. Der Kern der Erde, und überhaupt das Innere in ihrer Tiefe, ist metallisch, wahrscheinlich sehr stark eisenhaltig.

5. Auch diese metallischen Bestandtheile scheinen im geschmolzenen, vielleicht selbst an einzelnen Stellen im gasförmigen Zustande sich zu befinden.

Von den fünf hier aufgestellten Annahmen ist keine eine bloß hypothetische, die erste vielmehr ein reiner Erfahrungssatz, der lediglich auf Beobachtungen beruht. Läßt sich dies auch nicht von den vier anderen behaupten, so lassen sich doch die Erfahrungen nicht zurückweisen, aus denen wir die in ihnen ausgesprochenen Ansichten folgerten, und da in ihrer Schlußfolge keine Uebereilung, kein vorschneller Ausspruch enthalten ist, so dürfen sie in Berücksichtigung dessen, daß ihnen eine Begründung durch unmittelbare Beobachtung nicht gegeben werden kann, wohl ebenfalls für Thatsachen gelten. Wir benutzen sie als solche, um aus ihnen unsere Theorie der Erdbildung abzuleiten.

9.

Theorie der Erdbildung.

Die Hypothese, wodurch wir die Entstehung der Erde erklären wollen, muß, wenn sie auf Wahrheit Ansprüche macht, von einer Voraussetzung ausgehen, deren Zulässigkeit nicht bloß mit der erkennbaren Bildung des Erdkörpers im Einklange steht, sondern auch die nachweisbaren Entwickelungsphasen als nothwendige Resultate der gesetzten Ursache von selbst darthut. Diese Anforderung stützt sich auf Thatsachen der Weltordnung,

so weit unsere Wahrnehmungen reichen; überall finden wir nur einen Anstoß in den Erscheinungen gegeben, und sobald derselbe erfolgt war, reiheten sich an ihn alle weiteren Phänomene in unausbleiblicher Folge als Resultate der Grundursache an. Werfen wir in dieser Beziehung einen Blick auf den Weltraum mit seinen Millionen Sternen, so ist es das Gesetz der Gravitation, welches hier als Lenkerin der Bahnen aller von uns genau in ihren Bewegungen erkannten Himmelskörper auftritt, was den kleineren um den größeren gehen heißt und das geordnete Sonnensystem, dessen Theil wir bilden, in seinen Grenzen erhält. Aber nicht bloß am Firmament äußert die Gravitation ihre Wirkungen, auch auf dem einzelnen Planeten, den wir bewohnen, tritt sie überall an der Materie als erste Grundkraft auf und wirkt als Schwere anziehend, wie als Adhäsion verschiedene, oder als Cohäsion gleichartige Massen zu einem Ganzen verbindend. —

Suchen wir, von diesem Resultat geleitet, den Urzustand unseres Planeten aus seinen dermaligen Verhältnissen zu bestimmen, so dürfen wir ihn nur in der eben angedeuteten Weise voraussetzen; wir dürfen also unsere Erde nicht etwa als einen schon fertigen Weltkörper ansehen, der durch einen anderen wieder zertrümmert und in die chaotische Mischung seiner Bestandtheile zurückgeführt wurde, daraus die nachweisbaren Revolutionen seiner Oberfläche erklärend. Denn bei einer solchen Annahme wäre der heutige Zustand nicht Resultat eines nothwendig aus der ersten Anlage sich ergebenden Bildungsganges, sondern Folge eines zufällig eingetretenen Ereignisses, dessen Begebniß außerhalb des ursprünglichen Planes lag. Verhältnisse solcher Art giebt es aber in der Natur nicht; was wir Zufall nennen, ist sicher nothwendiges Resultat unbekannter Ursachen, und ebenso gesetzmäßig, wie jede natürliche Erscheinung überhaupt. Jede Revolution ist daher ein durch die Anlage der Erde selbst bedingtes Ereigniß, ein nothwendiger Akt im fortschreitenden Schaffen und Gestalten, den keine äußere, zu ihm beziehungslose Bedingung, wie etwa eine allgemeine Verderbniß des Menschengeschlechtes, herbeiführen konnte. Wer in natürlichen Ereignissen Strafen höherer Mächte am sterblichen Geschlecht erkennt, beurtheilt die Weltordnung nach menschlichen Zwecken und schiebt ihr Motive unter, welchen sie nicht folgt. Denn die Strafe des Himmels am Menschen ist, so lange es Menschen gegeben hat, immer von ihnen selber vollzogen worden; das lehrt die Geschichte mit blutigen Zügen. Für jene teleologische Ansicht der Welt bleibt ihre Ordnung ein Geheimniß, das Niemand errathen kann, der sich durch Annahme eingebildeter menschlicher Motive für die richtige Auffassung der Natur unempfänglich gemacht hat. Weit eher würde man behaupten können, daß der Mensch für seine Mitgeschöpfe bestimmt sei, als sie seinetwegen geschaffen; weil er das Schlußglied ist in der Reihe der Wesen, welche mit ihm die Erde bewohnen. Sein Dasein stützt sich auf die eigene Thätigkeit, auf die Arbeit, und

er handelt nur „naturwüchsig", wenn er rücksichtslos ergreift, was ihn umgiebt, gleich dem Thier von der Ueberzeugung ausgehend, daß was ihm erliegt, seinem Bedürfnisse zu dienen bestimmt sei. —

Sprechen wir demnach diese erste Grundursache, diesen uranfänglichen Zustand, der alle späteren Phasen als nothwendige Entwickelungsstufen nach sich zog, hypothetisch aus, so lautet sie wie folgt:

Der Erdkörper war im Anfange seines Daseins ein weit ausgedehnter Gasball, welcher bei allmäliger Verdichtung in Gluth gerieth und durch langsame Abkühlung in seine spätere Beschaffenheit überging.

Bevor wir die Resultate dieser Annahme erörtern und zeigen, daß die Verdichtung eines gasartigen Urzustandes Verhältnisse herbeiführte, wie diejenigen sind, welche wir in der Erdrinde antreffen, müssen wir die Gründe hervorheben, aus denen sich die Berechtigung unserer Hypothese darthun läßt.

Der erste und hauptsächlichste Grund liegt im Erdkörper selbst, dessen Temperatur, wie wir gesehen haben, noch jetzt im Innern sehr hoch steht, und dessen Rindenbestandtheile alle der Art sind, daß sie durch hohe Temperaturgrade gasförmig werden könnten. Wir verfolgen diese Behauptungen hier nicht weiter, da von ihnen schon in den früheren Untersuchungen mannigfach gehandelt wurde.

Ein zweiter Grund für die ausgesprochene Annahme zeigt sich in den Himmelskörpern[1]), welche unser Sonnensystem zusammensetzen, insofern dieselben sich nachweislich in sehr verschiedenen Dichtigkeitsgraden befinden und neben einander alle die Phasen der Verdichtung darbieten, welche wir für den Erdkörper als seine aufeinanderfolgenden Entwickelungsstufen annehmen. Verweilen wir zunächst bei den Planeten, so übertrifft nur einer von ihnen, der Merkur, welcher der Sonne am nächsten steht, in dieser Beziehung unseren eignen Weltkörper; denn seine Masse verhält sich zur Erdmaterie, dem spezifischen Gewichte nach, wie 6 zu 5; — alle anderen Glieder unseres Systems sind aus weniger dichten Stoffen gebildet worden, wenn gleich der Unterschied zwischen der nahen Venus und unserer ihr in so vielen Stücken ähnlichen Erde ein sehr unbedeutender ist. Schon der Mond, welcher die Erde noch viel näher umkreist, gehört unter die dünneren Weltkörper; das spezifische Gewicht seiner Bestandtheile verhält sich zu dem der Erde, wie 5 zu 9. Endlich die Sonne, der Mittelpunkt des ganzen Systems, die doch alle anderen Planeten zusammen 700 mal an Größe übertrifft, und 1,500,000 mal räumlich größer ist, als

1) Ausführlichere Mittheilungen über die hier nur angedeuteten Thatsachen finden sich in J. H. Mädler's astronomischen Briefen (Mitau 1846. 8.), auf welche wir unsere Leser verweisen.

die Erde, steht derselben, also auch der Venus und dem Merkur, in der Dichtigkeit ihrer Masse bei weitem nach; sie ist sogar aus einer noch dünneren Materie als der Mars gebildet, und gleicht darin mehr dem Jupiter, dessen Bestandtheile, obgleich sie dem größten aller Planeten angehören, doch über viermal lockerer gefügt sind, als die der Erde, mithin sehr wenig mehr Consistenz als das Wasser haben. Nur Uranus und Saturn bleiben hinter der Dichtigkeit der Sonne beträchtlicher zurück; letzterer am bedeutendsten, da er der lockerste aller Planeten ist. —

Eine genauere Vergleichung dieser verschiedenen Dichtigkeitsgrade ergiebt also, daß der am nächsten an die Sonne herangerückte Planet der dichteste ist, und daß sich an ihn zwei andere Planeten von geringerer, unter sich fast gleicher Dichtigkeit anreihen, worauf abwärts von der Erde die Dichtigkeiten schneller und um so mehr abnehmen, je weiter der Planet sich von der Sonne entfernt; Uranus ausgenommen, welcher eine größere Dichtigkeit besitzt, als der ihm vorangehende Saturn, obgleich er demselben an Masse bedeutend nachsteht. Die Sonne aber, der Centralkörper, hat keineswegs die größte Dichtigkeit, sondern eine so geringe, daß sie erst mit dem stofflichen Gehalte der entferntern größeren Planeten, besonders mit dem des Jupiter, übereinzustimmen scheint[2]).

Indem wir die eben entwickelte und gewiß nicht zufällige, wenn auch an kein mathematisches Gesetz gebundene Abnahme der Dichtigkeitsgrade in nähere Ueberlegung ziehen und auf ihre Ursachen prüfen, so scheint uns ein Vergleich mit den Eigenschaften der Sonne auf die Ansicht zu leiten, daß Temperaturunterschiede wohl als Bedingungen mitwirken könnten und jenes früher (S. 51) erörterte Gesetz von der Ausdehnung der Materie durch die Wärme in Anwendung kommen möchte. Allgemein wird ja der Sonne eine höhere Temperatur zugeschrieben, welche man freilich nicht dem Sonnenkörper selbst beilegt, sondern einer ihn umgebenden feurigen Atmosphäre, deren Ausdehnung, wie Erscheinungen bei Finsternissen andeuten, über 30,000 Meilen betragen mag, während Spuren derselben selbst noch jenseits der Erdbahn im Zodiakallichte uns sichtbar werden dürften. Wie groß der Einfluß eines solchen glühenden Dunstkreises auf die Ausdehnung des Sonnenkörpers sein müsse, ist leicht zu erachten, selbst wenn man annehmen wollte, daß der feste Kern der Sonne aus Materien, strengflüssiger als die tellurischen Stoffe, bestehe; ja wir werden einer solchen Annahme ohne Widerspruch beipflichten können, weil sie in der That annehmlicher erscheint als das Gegentheil. Immer aber müßte die hohe Temperatur des Sonnendunstkreises auch auf den Kern ausdehnend wirken und könnte eben

2) Weder von den zahlreichen kleinen Planeten oder Asteroiden zwischen Mars und Jupiter, deren Menge gegenwärtig schon bis auf 23 angewachsen ist, noch von dem kürzlich durch Leverrier hinter der Uranusbahn theoretisch ermittelten, von Galle zuerst wirklich gesehenen, größeren Planeten Neptun, sind die Dichtigkeiten erkannt worden.

dadurch einen Theil des geringeren spezifischen Gewichtes der Sonnenmasse hervorrufen. Wie dem aber auch sein mag, für unsere gegenwärtige Betrachtung genügt die Thatsache, daß die Sonne aus zweien Bestandtheilen, einem selbstleuchtenden Dunstkreise und einem lichtlosen Kerne, bestehe, mithin in zwei verschiedenen Graden der Massenverdichtung sich befinde; eine Eigenschaft, welche jedoch mit den ähnlichen Qualitäten der tellurischen Bestandtheile nicht in unmittelbarer Uebereinstimmung stehen dürfte, sondern aus anderen eigenthümlichen Bildungselementen der Sonne hervorzugehen scheint. —

Bei so schwachen Analogien wird uns die physische Beschaffenheit der Sonne nicht viel nützen, sie kann uns zwar eine Duplicität der Sonnensubstanz darthun, allein nicht mehr lehren, als was die Erde selbst zeigt; — daß nämlich sich ihre Bestandtheile nicht in einem gleichen Grade der Verdünnung oder Verdichtung befinden. Aber die Möglichkeit eines Urzustandes gleichförmiger Verdünnung aus heutigen Thatsachen zu deduciren ist hier unsere Aufgabe; — ihre Lösung liegt also noch vor, wenn wir nicht bei dem obigen Resultate stehen bleiben wollen, daß die Sonne und die Planeten gegenwärtig sehr verschiedene Grade der Verdichtung zeigen, freilich aber eine größere Consistenz, als bloße Dunstmaterie, unfehlbar besitzen. Auf eine so wenig ausreichende Erfahrung sich allein zu stützen, ist nicht statthaft, wenn noch Thatsachen von mehr Erfolg zu erlangen sind. Sie bieten sich bei näherer Betrachtung der Kometen dar, jener wandelbaren, schwach leuchtenden Gestirne von ungleicher Masse, welche von Zeit zu Zeit im Bereiche unseres Sonnensystems erscheinen, oder mit uns die Sonne in langgezogenen Ellipsen umkreisen. Ihre Substanz ist dunstförmig, das lehrt der Augenschein; sie leuchtet, gleich den Planeten, nur mit erborgtem Lichte, und ändert sich an jedem einzelnen Kometen je nach seiner Stellung im Weltraum und den Beziehungen, in welche der Komet zu benachbarten Gestirnen tritt; — aber auch ihre Form und ihre Ausdehnung ist großen Verschiedenheiten unterworfen. Enke's Komet, uns der nächste, dessen minder langgestreckte Bahn noch nicht bis zum Jupiter reicht, umkreist näher als Merkur die Sonne in nicht völlig $3^1/_3$ Jahren, eine elliptische Dunstmasse bildend, worin nahe dem vorderen Ende ein minder durchsichtiger, sphärischer Kern sich befindet, von dem an die Materie allmälig nach dem Umfange hin dünner wird. Aber die meisten Kometen zeigen nicht einen solchen Umfang, sie bestehen vielmehr aus einem schärfer umgrenzten Kern von hellerem Lichte, hinter dem sich ein langer Dunstnebel herzieht, welcher den Kern in zwei konischen Schichten, einer inneren dünneren und einer äußeren dichteren, zu umgeben scheint. Dieser dem Kopfe oder Kerne folgende Schweif nimmt an Größe zu, je näher der Komet an die Sonne heranrückt, und befindet sich in der Regel hinter dem Kern, doch nicht auf der Bahnlinie, sondern von der Sonne abwärts nach außen zu und so gewendet, daß die Verlängerung seiner Achse durch den Mittelpunkt der

Sonne geht. Nicht immer behält er die gleiche Stellung, er schwankt vielmehr, nach links und rechts abweichend, in bestimmten Pausen, was Bessel einer polaren Action, der magnetischen Polarität unseres Erdkörpers vergleichbar, zuschreiben möchte. Welcher Art die Materie sei, woraus der Schweif sich bildet, und ob sie von den Stoffen des Kernes abweiche, ist schwerlich oder überhaupt gar nicht zu bestimmen; aber dunstförmig muß sie sein, selbst dünner als unsere zartesten Nebel, weil man Sterne mit völliger Klarheit durch sie wahrnimmt. Auch der Kern kann nicht viel dichter sein, denn er trübt ebenso wenig das Licht der Fixsterne, welche durch ihn zu uns herüberstrahlen. Die Qualität beider Stoffe muß ferner von bestimmten Graden der Temperatur und des Druckes abhängen, weil die Dunstmasse sich vergrößert, je näher der Komet an die Sonne heranrückt und gewöhnlich bald nach dem Durchgange durch sein Perihel der Schweif des Kometen die größte Ausdehnung erlangt. Früher schrieb man die Verlängerung des Schweifes dem ausdehnenden Einflusse zu, welchen die Sonne mittelst ihrer Wärme auf die Masse des Kometen ausübe; gegenwärtig ist man geneigter, seine Volumsvermehrung von der beschleunigten Bewegung des Kernes abzuleiten, worin ihn die mit der Annäherung immer stärker werdende Attraction der Sonne versetzt. Indem nämlich ungleich dichte Bestandtheile des Kometen theils ungleich von der Sonne angezogen, theils ungleich von dem Widerstande des Aethers [3]) zurückgehalten werden, müssen allerdings die zarteren Schichten mehr zurückbleiben und als Folge davon den Schweif verlängern. Es muß ferner der Kern, ohne Zweifel der dichteste Theil des Kometen, sich der Sonne zuwenden, weil er am stärksten von ihr angezogen wird, der Schweif aber wird um so weiter von ihr entfernt bleiben, je dünner er ist, d. h. je schwächer er angezogen wird; und aus diesem Grunde treffen wir ihn außerhalb der Kometenbahn abwärts von der Sonne in der früher erwähnten Richtung. Dergleichen Verhältnisse könnten aber nicht eintreten, wenn die Bestandtheile des Kometen eine gleiche Dichtigkeit besäßen oder überhaupt nicht so überaus dünn wären; ja es scheint, als wenn seine Stoffe, wegen der mangelnden größeren Differenz ihrer spezifischen Schwere, wohl nie zu einer besseren Consolidirung gelangen werden, sondern für immer in dieser luftigen hauchartigen Beschaffenheit zu verweilen bestimmt sein dürften. Wenigstens sind die Unterschiede der mehrmals wiedergekehrten und genauer beobachteten Kometen zu unbedeutend, als daß sich ein allmäliger Fortschritt an ihnen, eine Art Entwickelung, erkennen ließe. Die Kometen stehen vielmehr in ihrer physischen Individualität noch weit mehr hinter dem materiellen Gehalte

---

3) Die Anwesenheit eines höchst zarten Fluidums im Weltraume, des Aethers, ist schon von früheren Physikern gelehrt, in neuerer Zeit aber am überzeugendsten durch Encke dargethan worden, indem er zeigte, daß nur aus der Annahme eines solchen Widerstand leistenden Stoffes die stets kürzer werdende Umlaufszeit des nach ihm genannten Kometen erklärt werden könne. —

der entfernteren oberen Planeten zurück, und stellen mit ihrem dunstförmigen Wesen wahrscheinlich den Urzustand dar, von welchem der durch größere stoffliche Mannigfaltigkeit bevorzugte Erdkörper vor Millionen von Jahren ebenfalls ausging. — Und was sonach für die Erde zulässig erscheinen dürfte, das kann auch von den übrigen Planeten gelten, sie alle mögen einstmals dunstförmige, elastisch-flüssige Nebelmassen gewesen sein.

Diese Voraussetzung ist in der That keine neue und übertriebene, sondern eine sehr alte, zuerst von Kant vorgetragene Ansicht, die später Laplace unabhängig von seinem Vorgänger weiter verfolgt und als wahrscheinlich dargethan hat. Der große Astronom und Analytiker wurde durch die übereinstimmende Richtung aller Bewegungen [4]) in unserem Sonnensystem zunächst zu der Ueberzeugung gebracht, daß eine so gleichartige Wirkung nur von einer und derselben Ursache herrühren könne. Er stellte demnach die Ansicht auf, daß man sich unser ganzes Sonnensystem sehr wohl in seinem uranfänglichen Zustande als einen einzigen ungeheuren Gasball denken könne, in dem durch Concentration der Substanzen sich irgendwo ein Mittelpunkt und später ein festerer Kern bildete. Erhielt derselbe durch irgend eine äußere Gewalt, vielleicht durch die Attraction entfernter ähnlicher Kerne, eine Bewegung um seine Achse, so mußte an dieser Bewegung nach und nach die ganze ihn umgebende Gasmaterie Theil nehmen, mithin der Gasball ein in sich selbst rotirender werden. Anfangs sich langsam um seine Achse wälzend, wurde diese Bewegung, wegen der fortschreitenden Verdichtung der Masse und der damit harmonischen Verkleinerung des Volumens, bald schneller und schneller, die Gestalt des Gasballes aber mehr und mehr eine sphäroidische, der Linsenform genäherte, indem mit der schnellern Drehung auch die Schwungkraft (Centrifugalkraft) sich vermehrte. Bei fortschreitender Verdichtung des Ganzen und gleichmäßig vermehrter Fliehkraft der peripherischen Theilchen konnte es nun nicht ausbleiben, daß zu irgend einer Zeit diese Fliehkraft über die Anziehung, welche der Kern im Mittelpunkte auf die peripherischen Schichten ausübte (Centripetalkraft), die Oberhand gewann, und da dies an allen Orten unter dem Aequator des linsenförmigen Gasballes gleichzeitig erfolgen mußte, ein ringförmiger zumeist peripherischer Theil vom Ganzen sich ablöste. Dieser Gürtel oder Ring erhielt später durch Störungen, welche auf ihn ausgeübt wurden, Lücken, zerriß an einer oder an mehreren Stellen, und wickelte sich zu ebenso vielen Kugeln auf, welche so wie sie entstanden waren, ihr Dasein bleibend behaupteten. Es ergab sich also daraus entweder ein einziges neues größeres Sphäroid mit doppelter Bewegung: einer Achsendrehung, bedingt durch die ungleiche

---

4) Nur die Uranus-Trabanten bewegen sich entgegengesetzt, nämlich von Osten nach Westen; den übrigen Körpern unseres Systems ist die gleiche Bewegung von Westen nach Osten eigen. —

Schwungkraft, welche der Gasring an seiner äußeren und inneren Seite besitzen mußte; und einer zweiten, den übrig gebliebenen Gasball noch ferner umkreisenden peripherischen Umlaufsbewegung; — oder eine Anzahl kleinerer Sphäroide, die alle in ziemlich gleichem Abstande vom Centrum mit denselben doppelten Bewegungen fortrollten [5]).

Während dies an der Peripherie des großen Gasballes sich zutrug, verfolgte er selbst seine alte rotirende Bewegung und vergrößerte zugleich immer mehr seine Schnelligkeit in der Umdrehung, weil er fort und fort durch Zusammenziehung oder Verlust kleiner wurde. Da wiederholte sich an ihm nach einiger Zeit die alte Erscheinung; die Centrifugalkraft der peripherischen Schicht überwand die Anziehungskraft des Kernes, und ein neuer Gürtel löste sich ab. Auch dieser gestaltete sich in der Weise des früheren, und indem er jetzt die Phasen durchlief, welche der ältere bereits zurückgelegt haben mochte, bereitete sich an der centralen Masse schon ein dritter Gürtel zur Ablösung vor. Derselbe Hergang begab sich nach und nach so oft aufs Neue, wie die peripherische Schwungkraft der stets beschleunigter bewegten Masse die Anziehungskraft der Mitte überwinden konnte; erst als ein solcher Fall vermöge des geringeren Umfanges, den der Centraltheil nach so viel erlittenen Verlusten angenommen haben mußte, nicht mehr eintreten konnte, war die Entstehung neuer peripherischer Weltkörper unmöglich geworden. Jetzt endlich hatte sich der Gegensatz zwischen der centralen Sonne und den peripherischen Planeten für immer festgestellt, das Sonnensystem also nach dieser Seite hin sich vollendet. Allein die Planeten waren inzwischen durch neue Stadien der Entwickelung hindurchgegangen. In diesen peripherischen Gaskugeln kehrte nämlich, wenn sie groß genug an Umfang waren, um der Centrifugalkraft ihrer Aequatorialtheile das Uebergewicht über die Anziehung ihres Kernes einräumen zu müssen, die Tendenz zur Gürtelbildung zurück; es entstanden selbstständige Ringe, welche sich nach den früher mitgetheilten Gesetzen zu Kugeln formirten, und den Unterschied von Planeten und Trabanten bewirkten. Kleinere Planeten ließen es zu einer solchen Gürtelbildung nicht kommen, während größere mehrere Gürtel über einander absetzten, von denen vielleicht einige noch heute nicht zu Kugeln sich gestaltet haben; denn dafür scheint der mehrfache Ring am Saturn zu sprechen.

Die vorgetragene Ansicht von Laplace und Kant harmonirt nun vollkommen mit den früher besprochenen Dichtigkeitsunterschieden der Planeten (S. 119), und hat in ihnen eine nicht minder sichere Stütze, als in der übereinstimmenden Richtung ihrer Bewegungen. Denn da im ganzen Gasball eine fortdauernde Verdichtung durch Massenanziehung stattfand,

---

5) Die 23 kleinen Asteroiden beweisen, daß auch dieser zweite Fall ein wirklicher gewesen ist; während alle größeren Planeten auf die zuerst angegebene Weise durch Concentration des Ringes in eine Masse sich gebildet haben.

so mußten natürlich die inneren Theile desselben aus dichteren Schichten bestehen, als die äußeren, die unteren Planeten also, welche aus diesen Gürteln dichterer Materien entstanden, eine größere Dichtigkeit besitzen, als die oberen, welche sich aus den zuerst abgesonderten äußeren Gürteln leichterer Stoffe gebildet hatten.

Wenn auf solche Weise die Entwickelung des Gasballes, dem unser Sonnensystem zur Grundlage diente, vorgegangen ist, so fragt es sich dagegen noch sehr, wie der Gasball selbst sich bildete, und was für ein Urzustand seiner Existenz in abgesonderter Form voranging. Ueber diese Frage ist Laplace mit Stillschweigen hinweggegangen, obwohl ihre Beantwortung eine nicht geringe Wichtigkeit hat. Sie geht übrigens aus seiner Theorie auch ziemlich ungezwungen hervor, wenn man annimmt, daß derselbe Anfang, welcher für unser Sonnensystem zulässig erschienen ist, auch für die übrigen Weltkörper und ihre Systeme Geltung haben könne, ja daß er selbst Geltung haben müsse, wenn wir die Einheit des Planes in der Weltordnung statuiren. Bei dieser Voraussetzung ist es kein Sprung in der Schlußreihe, anzunehmen, daß der ganze Weltraum ursprünglich homogen mit höchst fein zertheilten dunstförmigen Substanzen, den Substraten der gegenwärtig zu Weltkörpern verdichteten Materie, angefüllt war. Eben dieser feinen Zertheilung wegen reagirten die einzelnen Bestandtheile noch nicht auf einander, alles blieb in chaotischer Mischung regungslos stehen, bis irgendwo durch erste Massenanziehung die Anlage zu einer Differenz in der Materie und dadurch zu einer Wirkung der differenten Bestandtheile auf einander Veranlassung gegeben worden war 6). Solche Concentrationen geschahen wohl gleichzeitig an unendlich vielen Punkten des Weltraumes, und sie waren es, welche zu den festen Kernen, aus deren Anziehung Laplace die Bewegung der einzelnen Gasräume und ihre Verdichtung zu Sonnensystemen herleitet, Veranlassung gaben. Jede Concentration der Materie erregte aber nothwendiger Weise Temperaturunterschiede, denn mit der Verdichtung jedweden materiellen Stoffes ist eine Entbindung von Wärme verbunden. Vermöge dieser Wärme wurden die ersten sich concentrirenden Massen nicht gleich fest, sondern sie blieben in einem erweichten breiartigen, vielleicht selbst glühenden Zustande, und aus solchen glühenden Massen bestanden ohne Zweifel die ersten Kerne des sich aus seiner dunstförmigen Zertheilung hervorbildenden Weltalls. Das Chaos mit seiner uranfänglichen Gleichheit der Form war auch der Materie nach ebenso indifferent, bis Dichtigkeitsunterschiede und die davon abhängenden Tem-

6) Man hat durch Rechnung wahrscheinlich gemacht, daß der achtzigtausend millionste Theil eines Grans fester tellurischer Substanz eine Kubikmeile anfüllen mußte, als die Bestandtheile unseres Sonnensystems den Kugelraum gleichmäßig erfüllten, dessen Umfang etwa die Uranusbahn bezeichnet. In einem solchen Grade der Verdünnung waren aber noch keine chemischen Einwirkungen der Stoffe auf einander möglich.

peraturdifferenzen eintraten, welche ein Aufhören der Indifferenz und ein Agiren der entfesselten Substanzen auf einander nach den ihnen inwohnenden physikalischen wie chemischen Eigenschaften bedingten. Erst jetzt, wo der entstandene Kern einen höheren Hitzgrad behauptete, von der concentrirten Materie Wärme und Licht, die unzertrennlichen Genossen hoher Temperaturen, ausstrahlten, zog er die zarter gefügten Stoffe an sich heran, erregte in ihnen durch beide Agenten chemische Affinitäten, und bildete fortan eine leuchtende Fackel[7]), die den leichteren lichtlosen Dünsten als Anziehungspunkt diente, indem sie durch die bis dahin finsteren Räume des Weltalls ihre ersten, wenn auch schwachen, Strahlen verbreitete. Und wie weit sie mit ihren chemischen Wirkungen reichten, so weit reichte auch die Anziehungskraft des Kernes; durch beide ward der Gasraum dieses Systemes von den Räumen der zunächst gelegenen Kerne gesondert, und die Grenze bestimmt, innerhalb welcher die vollendeten Weltkörper in weiten Abständen sich noch heute bewegen.

Wir überlassen es dem Gefühl jedes einzelnen Lesers, diesen Gedanken diejenige Wahrheit beizulegen, welche sie ihm zu verdienen scheinen, und kehren, nach so überschwenglichen theoretischen Abschweifungen, zur Betrachtung des Jugendzustandes unseres Erdkörpers zurück.

Wenn derselbe also bei seinem ersten Entstehen als räumlich individualisirte Masse ein Gasball war, so hatte er nothwendiger Weise auch eine Temperatur[8]), die hinreichte, alle gegenwärtig in fester Gestalt an ihm vorhandene Materie in Dunst zu verwandeln. In dieser Dunstmasse bildete sich jedoch sofort, sei es durch das centripetale Streben der schwereren Stoffe, oder durch die Compression der peripherischen auf die centralen Schichten ein festerer Kern. Ein solcher konnte nicht wohl fehlen, wenn wir uns die Entstehung des ganzen Gasballes in der Art denken, wie die vorgetragene Theorie von Laplace es bestimmt; nämlich als Concentration einer gewissen Schicht an der großen Gaskugel unseres ganzen Sonnensystems. Hier entsteht nun zunächst die Frage, was für Stoffe wohl diesen Kern gebildet haben mögen, und ob derselbe gleich anfangs seine spätere Beschaffenheit besitzen mußte. Den zweiten Theil dieser Frage dürfen wir mit einigem Rechte verneinen, wenn wir an die eiförmige Dunstmasse des Encke'schen Kometen uns erinnern, insofern dessen Kern nur sehr wenig dichter zu sein scheint, als der ihn umgebende Dunstkreis. Sehen wir dagegen die Meteorsteine als Bruchstücke kleiner im Weltraume gebildeter Planetenmassen an, welche die Attraction der Erde, als sie ihre Bahnen durchschnitt, an sich zog; so haben wir freilich alle Ursache, den

7) Mosis Genes. 1. Cap. 3 Vers: Und Gott sprach: es werde Licht!

8) Einen sehr hohen Grad brauchte sie nicht zu besitzen, weil wir wissen, daß alle flüssigen Materien, und selbst viele feste, bei jeder Temperatur verdunsten, also auch bei niedrigen Temperaturen dunstförmig bleiben können. Vergl. die Note 2) zu Seite 52.

ersten Kern unsers Planeten auch als eine feste, und zwar metallische Substanz uns zu denken. Hierbei ist indeß nicht zu übersehen, daß die kalten Räume, in welchen die Meteore sich bewegen, ihre anfängliche Temperatur bedeutend verringern und ihre materielle Qualität dadurch ändern mußten [9]); letztere mithin nicht gut als Analogie für die ursprüngliche Beschaffenheit des Erdkernes angeführt werden kann. Dennoch dürfte seine Materie dieselbe oder eine ähnliche gewesen sein, da uns frühere Untersuchungen ja über die vorwiegende Metallität des Erdinnern belehrt haben. Wir gehen deshalb von dieser Meinung aus, und lassen es dahin gestellt sein, ob die ersten Verdichtungen der Materie, welche den Kern der Erde bildeten, bloß aus metallischen Dünsten, oder bereits aus festen Metallmassen bestanden, indem wir uns mit dem Resultat begnügen, daß sie in einer gewissen Periode sicher tropfbar-flüssig wurden und waren [10]). Geraume Zeit mag dieser Kern zu seiner Vergrößerung gebraucht haben, ehe er eine Dimension erlangte, wie sie zur Attraction aller irdischen Materie in seinen Dunstkreis erforderlich ist; bedenkt man indeß, daß die Metalle die schwersten Substanzen der Erde sind, und daß alle Gradation in der Anziehung auf die spezifische Schwere sich gründet, so werden wir von selbst einsehen, warum der erstgebildete metallische Kern fort und fort neue Metallschichten an sich heranziehen und alle metallischen Bestandtheile der tellurischen Kugelzone, die nicht durch chemische Affinitäten oder physikalische Kräfte zurückgehalten wurden, mit sich vereinigen mußte. Denn außer der größeren oder geringeren Schwere der Stoffe in jener Kugelzone konnten es nur chemische Affinitäten der Materien sein, die in ihr wirksam waren; allein diese konnten bei sehr vielen Stoffen erst eintreten, als die größere Anziehung den zu ihrer chemischen Wirksamkeit nöthigen Verdichtungsgrad herbeiführte. Denken wir uns also auch immer die zahlreichen elementaren Substanzen, aus denen der chemischen Analyse nach unsere Erde besteht, in den Verhältnissen, in welchen sie wirklich constituirende Bestandtheile des Erdkörpers sind, dunstförmig unter einander gemischt; — eine Annahme, die bei dem Durchdringungsvermögen der Gase unter einander keineswegs eine unmögliche ist; — so konnte sich die chemische Affinität dennoch nicht gleich anfangs an allen geltend machen und Verbindungen in der Weise bewirken, wie wir sie gegenwärtig sich gestalten sehen. Auch sind gerade die schwersten Stoffe, die edlen Metalle, zu solchen Verbindungen am allerwenigsten geneigt, und wenn sie auch unter einander im flüssigen Zustande sich mischen, so mußte doch die sehr

---

9) Daß die Meteorsteine in der Regel warm, ja selbst heiß und sogar mit Feuererscheinungen verbunden niederfallen, giebt keinen Grund ab gegen die obigen Annahmen; denn diese Temperatur scheinen sie erst in der Nähe unserer Erdatmosphäre durch Entzündung der sie begleitenden Dunstmassen, oder durch Reibung in der Luft selbst zu erlangen.

10) Vergl. die elfte Note auf der folgenden Seite.

verschiedene Flüssig- und Flüchtigkeitsfähigkeit sie beim Beginn des allmäligen Festwerdens aus der Dunstform von Gemischen abhalten. Denn das Quecksilber ist z. B. noch dampfförmig, während das Eisen erst glüht, und das Platin hat längst seine feste Form angenommen, wenn Gold und Silber noch tropfbar-flüssig sind. Nach diesen Gesetzen schieden sich also die schwersten Metalle um so eher aus der Mischung aus, je weniger sie zu Verbindungen mit anderen Materien geneigt sind; sie waren es ohne Zweifel, welche den ersten festen oder flüssigen Kern bildeten, der nach und nach durch Anziehung gleichartiger Theile sich vergrößerte, bis er einen Umfang gewonnen hatte, welcher hinreichend war, auch die leichteren flüchtigen Stoffe der Kugelzone an sich heranzuziehen und dieselbe in eine selbstständige Kugel zu verwandeln. Von diesem Augenblick an stand der Erdball im Weltraum da, eine kometenartige Masse, gebildet aus flüssigem glühenden Metall[11]), dessen annoch geringe Peripherie von einer ungeheuern, bis weit über den Mond hinausreichenden Gaszone umgeben war, in welcher die verschiedenen chemischen Affinitäten sich noch nicht, der feinen Suspension wegen, worin die Stoffe sich befanden, so ausgleichen konnten, wie es die relativen Mengen der vorhandenen Materien nothwendig machten, selbst wenn der Druck des peripherischen Theiles gegen das Centrum, im Gegensatz gegen die vom heißen Kern ausstrahlende Gluth, ihnen förderlich war, und manchen verstattete, die gasförmige Qualität bald aufzugeben, bald wieder zu behaupten.

Indem wir in unserer Betrachtung die Periode überspringen, welche den ganzen Gasball in die peripherische Mondschicht und die centrale Erdkugel sonderte, weil sich nach unsern jetzigen Kenntnissen von ihrer Bildung nicht gut mehr sagen läßt, als was bereits früher im Allgemeinen über die Trennung der Gaskugeln in Gürtel erwähnt wurde; wollen wir nur noch daran erinnern, daß die geringere spezifische Schwere des Mondes wieder sehr gut mit dieser Ansicht harmonirt, und seine viel geringere Größe es erklärt, warum er sich in einem mehr abgekühlten Zustande befindet, als die Erde, auch eben deswegen, wie die Astronomen lehren, keine oder eine ganz auffallend dünne Atmosphäre besitze. Wir wenden daher sofort unsere Blicke auf den Erdkörper selbst und suchen zu erfahren, in welchen Entwickelungsphasen er seit dem Beginn der chemischen Actionen in seiner peripherischen Gasschicht verweilt haben möge.

Da lehrt uns nun die Beobachtung des gegenwärtigen Zustandes, daß von allen Materien der Sauerstoff in größter Quantität vorhanden sein mußte, denn er bildet noch heute 23 Gewichtsprocente der atmosphä-

11) Die bekannte Thatsache, daß der Erddurchmesser zwischen den Polen um $5^3/_5$ geogr. Meilen kürzer ist, als der Durchmesser des Aequators ($1718^3/_5$ Meilen), macht es übrigens zur Gewißheit, daß die erste Qualität des Erdkörpers eine flüssige und keine feste war, weil nur bei solcher Beschaffenheit der Erdmasse jene Differenz der Diameter entstehen konnte.

rischen Luft, 89 Procente des Wassers, über die Hälfte der Kieselerde, überhaupt fast ein Drittel der ganzen festen Erdrinde, so weit wir ihre Bestandtheile kennen [12]). Eben dieser Stoff hat zugleich die allergrößte Neigung, mit gewissen Metallen binäre Verbindungen [13]) einzugehen und dadurch neue Stoffe zu bilden, in denen der metallische Charakter — größere Schwere, besonderer Glanz, Undurchsichtigkeit verbunden mit eigenthümlicher Färbung — verloren gegangen ist, während andere unterscheidende Eigenschaften — größere Härte, geringere Schwere, häufiges Auftreten der Durchsichtigkeit in verschiedenen Graden und mangelnde Färbung — die entstandenen Verbindungen auszeichnen. — Man nennt dieselben Erden oder Alkalien, und die ihnen zum Grunde liegenden metallischen Körper, Halbmetalle. Das Bestreben des Sauerstoffs, sich mit ihnen zu vereinen, ist übrigens so entschieden und erfolgreich gewesen, daß beide Substanzen nirgends unverbunden vorkommen, und überall die Verbindung derselben sich schnell wieder herstellt, wenn nach künstlicher Trennung, die den Chemikern gelungen ist, sie mit einander in Berührung gerathen [14]). Aus solchen Verbindungen entstanden die Kieselerde, Thonerde, Talkerde, Kalkerde, das Natron, das Kali und einige andere erdige Materien, welche in geringerer Quantität, als die genannten, constituirende Bestandtheile des Erdkörpers ausmachen. Ihr Bildungsproceß durch Verbindung von Metall mit Sauerstoff ist aber, nach Seite 51, eine wahre Verbrennung, und konnte nicht ohne heftige Wärmeerzeugung vor sich gehen; sie fand also dabei statt und erklärt sowohl den fortdauernden geschmolzenen Zustand der Metalle im Erdkern, als auch die tropfbar-flüssige Qualität, in welcher die Erden selbst, trotz ihrer Strengflüssigkeit, sich anfangs befinden mochten. In dieser Gestalt senkten sie sich allmälig aus dem Dunstraume der Erde gegen den Kern zu Boden, bildeten eine flüssige Schlackenrinde über dem metallischen Mark der

---

12) Folgende Procente von Sauerstoff enthalten die am allgemeinsten verbreiteten Erden, Alkalien und Säuren: Kieselerde 52 Procente, Thonerde 46, Talkerde 38, Kalkerde 28, Natron 25, Kali 16; die Salpetersäure 74, die Kohlensäure 72, die Schwefelsäure 60.

13) Binäre Verbindungen sind alle chemischen Produkte, welche aus zwei in bestimmten numerischen Quantitäten sich vereinigenden Stoffen bestehen, oder auf zwei solche Bestandtheile sich zurückführen lassen.

14) Man hat die Frage aufgeworfen, ob es wegen der großen Affinität, in welcher gewisse Elemente zu einander stehen, überhaupt zulässig sei, sie als einfache Stoffe neben einander zu denken, und ob nicht vielmehr anfangs gleich das zusammengesetzte Produkt sich als solches gebildet habe. Diese Frage scheint uns überflüssig zu sein. Es ist für die Erfolge ganz einerlei, ob man das Einfache vor dem Zusammengesetzten annimmt, oder letzteres sofort; die theoretische Betrachtung muß aber das Einfache vor das Zusammengesetzte stellen, weil nur so die Einsicht in den allmäligen Entwickelungsproceß zu gewinnen ist. Ob ein wirklicher Zeitraum zwischen der Entstehung der einfachen und der zusammengesetzten Stoffe lag, darauf kommt es nicht an; Thatsache aber ist es, daß letztere aus ersteren bestehen. —

Erde, und erhielten durch ihre Gluth das letztere ebenso sehr flüssig, wie den Gasraum über sich in Dunstgestalt durch die Wärmestrahlung ihrer oberflächlichsten Schichten. Die dadurch eingeleitete Abkühlung derselben hatte aber eine sehr verschiedene Wirkung. Während sie nämlich an der Rinde langsam von außen nach innen vorschritt, und eine ungleiche Temperatur der Rinde in ihren verschiedenen Schichten bedingte, hatte sie im Gasraume eine ziemlich gleiche Temperatur zur Folge; weil die äußersten Schichten desselben, so wie sie sich abkühlten, sich auch mehr verdichteten, dadurch natürlich schwerer wurden, und in Folge dessen herabsanken, anderen wärmeren und leichteren ihre Stellung einräumend. Allein während diese sich abkühlten, schöpften jene neue Wärme aus der Rinde, hoben sich wieder, verdrängten die kälteren, und bewirkten im beständig fortdauernden Spiele des Aufsteigens und Sinkens, der Erwärmung und Abkühlung, eine ziemlich gleichmäßige Temperatur im ganzen Gasraume auf Kosten des weiter erkalteten peripherischen Theiles der bis dahin tropfbar-flüssigen Erdrinde.

Um die verschiedenen Processe, welche von nun an in diesen beiden Schichten des Erdkörpers, der tropfbar-flüssigen und der elastisch-flüssigen, gleichzeitig stattfanden, in der Betrachtung übersehen zu können, ist es nöthig, jede von beiden einzeln zu schildern, mithin die Erscheinungen, welche zu gleicher Zeit neben einander vor sich gingen, als nach einander erfolgte darzustellen. Wir werden uns dadurch die Einsicht in den Bildungsgang und die Erkenntniß seiner Resultate nur erleichtern, freilich aber eine vom wirklichen Hergange in ihrer Zeitfolge etwas abweichende Erzählung unsern Lesern mittheilen müssen.

Betrachten wir also zuvörderst die Schaale tropfbar-flüssiger Erden, welche sich über den geschmolzenen metallischen Kern nach und nach verbreitete, so versteht es sich von selbst, daß auch dieser äußere Mantel, so lange er noch tropfbar-flüssig war, den Rotationsgesetzen Folge leistete, und an der bereits eingeleiteten Abplattung der Erde an den Polen ihrer Umdrehungsachse Theil nahm. Die dadurch in der flüssigen Masse vom Pol zum Aequator hin bewirkte, wenn auch nur langsame, Strömung ist ein nicht zu übersehendes Moment der schnelleren Erkaltung gewesen; denn die oberflächlichen mehr abgekühlten Schichten wurden durch diese Strömung auf einen Raum, den des Aequators, zusammengeführt und eines Theils immer neue Schichten an den Polen der Abkühlung ausgesetzt, andern Theils aber wurde auch um den Aequator herum ein fester Gürtel gebildet, der vielleicht aus einzelnen compacten Klumpen bestand, die ähnlich wie Eisberge im Meer so in der glühenden Flüssigkeit schwammen und zur Entstehung von Unebenheiten Veranlassung gaben. — Dies also mochte die älteste äußere Form des erkaltenden Erdenmantels sein; wie aber verhielt sich dabei seine Materie in ihrem Innern?

Die heutige Beschaffenheit der plutonischen und vulkanischen Produkte giebt uns die bündigste Antwort auf diese Frage; sie lehrt uns, daß in dem

Erdenmantel die Kieselerde am reichlichsten vorhanden war, ja selbst 70 Procente der Mischung, ihrer dermaligen Verbreitung zufolge, betragen mochte. Nach ihr war die Thonerde der Hauptbestandtheil, sie bildete etwa 16 Procente des Ganzen; außerdem fanden sich 5—6 Procente Kali, halb so viel Natron und die übrigen Mischungsantheile bestanden in Talkerde, Kalkerde, Eisenoxyd, Manganoxyd, und den anderen minder häufigen Erden oder Metalloxyden. Die so zusammengesetzte Masse konnte aber ohne chemische Actionen ihrer verschiedenen Bestandtheile nicht bestehen; die Affinität derselben unter einander trat alsbald hervor, und bewirkte neue chemische Produkte. Bei diesem Hergange spielten die Alkalien und die Kieselerde, als stärkste elektrochemische Gegensätze, schon deshalb die Hauptrolle, weil sie von allen in der Mischung gleichzeitig vorhandenen Stoffen die innigste Verwandtschaftsbeziehung zu einander besitzen, sich also zuerst verbinden mußten; und namentlich bildeten wohl die alkalischen Materien das leitende Princip, wonach sich die Verbindungen regelten, weil ihre Menge beschränkter war, als die der anderen zur Kieselerde in geringerer Affinität stehenden Stoffe. Die heutige Chemie nennt alle Verbindungen zweier bereits mit Sauerstoff oder einer ihm analogen Materie (z. B. Chlor, Schwefel u. a. m.) vereinigten Stoffe Salze, und den einen elektronegativen Stoff, worin gewöhnlich der größere Sauerstoffgehalt sich findet, die Säure, den andern elektropositiven mit dem geringeren Sauerstoffantheil die Base. Demnach waren die neuentstehenden Erdenverbindungen eigentlich Salze, in denen die Kieselerde als Säure zu betrachten ist, das Alkali oder eine zweite Erde als Basis. Aus diesem Grunde werden alle Kieselerdeverbindungen kieselsaure Salze, in lateinischer Form Silicate, genannt. Selbst das künstliche Glas, dessen Eigenschaften mit denen der Silicate übereinstimmen, ist in Wahrheit ein kieselsaures Salz, aber kein Erden- oder Irdsalz, sondern ein Alkalisalz, weil seine Basis vorzugsweise aus Kali oder Natron besteht, womit geringere Antheile von Kalkerde und Metalloxyden sich vereint haben. In den natürlichen Silicaten, wie sie damals im Mantel der tropfbar-flüssigen Erden entstanden, finden sich als vorwiegende Basis die Thonerde, und neben ihr entweder eine zweite Erde, z. B. Kalkerde, Talkerde, oder ein Alkali. Sie sind daher größtentheils Doppelsalze, d. h. Verbindungen von zwei Salzen, nach ähnlichen Gesetzen geregelt, wie die Verbindung der Säure und Base im einfachen Salz; Substanzen also, die in ihrer Zusammensetzung als natürliche Glasflüsse sich ansehen lassen, in denen nur umgekehrt, wie in den künstlichen, der Erdengehalt den Alkaligehalt überwiegt, und die äußere Form durch eine deutliche Krystallisation bestimmter geregelt ist. Trat ihnen noch ein Metalloxyd bei, so verhielt sich dies wieder als neue Base, und bedingte die Farbe der Mischung ganz ebenso wie im künstlichen Glase, das bekanntlich ohne Zusatz von Metall farblos ist, durch letzteres aber grün (Eisenoxydul), roth (Kupfer-

oxydul), blau (Kobaltoxydul), gelb (Silberoxyd), braun (Eisenoxyd), schwarz (mehr Eisenoxyd) u. s. w. gefärbt werden kann. — Diese Verbindungen der Erden zu Silicaten erfolgten aber nicht plötzlich und unmittelbar, sondern langsam und allmälig, so daß die einzelnen Bestandtheile noch Zeit hatten, sich während der Verbindung, ihrer eigenthümlichen Schwere gemäß, etwas zu sondern. Unter ihnen waltete jedoch nur das spezifische Gewicht der metallreichen Silicate entschieden vor, daher diese allein in die unteren Tiefen hinabsanken, während die Erden- und Alkali-Silicate gleichmäßiger gemischt blieben, weil ihre Gewichtsunterschiede zu gering sind, als daß in dem zähen Fluß der geschmolzenen Materien sich ihr Einfluß hätte geltend machen können. Aus dem letzteren Grunde dürfte auch die Abscheidung der Metallsilicate nach unten nur unvollständig gewesen sein; ein großer Theil blieb überall suspendirt in der ganzen Masse zurück. Darum konnten die unteren Schichten nur im Allgemeinen mehr Metalloxyde, als die schwersten, die oberen mehr Alkalien, als die leichtesten Stoffe der Mischung in sich aufnehmen. Die zu oberst gelegene Hauptmasse besteht demnach vorzugsweise aus Alkalisilicaten, mit geringen Beimischungen von Metalloxyden, und erscheint uns hauptsächlich in zwei Formen, nämlich als Granit oder als Gneiß. Beide sind Gemische zweier Silicate, des Feldspathes und Glimmers, zwischen denen als dritter Bestandtheil reine Kieselerde oder Quarz sich ausgeschieden hat. Im Granit bildet von diesen drei Stoffen jeder für sich bedeutende Massen in räumlicher Absonderung; im Gneiß sind die einzelnen Bestandtheile auf kleinere Räume beschränkt, der Glimmer waltet vor, und giebt dem Ganzen durch sein blätteriges Gefüge ein schieferiges Ansehn. Der Quarz ist farblos; der Feldspath pflegt weiß oder fleischroth gefärbt zu sein, und am meisten in der Mischung des Granits zu überwiegen; der Glimmer hat eine gelblich-braune Farbe und auf seinen Theilungsflächen einen sehr lebhaften Glanz; beide letzteren bestehen aus kieselsaurer Thonerde und aus kieselsaurem Kali, aber der Glimmer enthält viermal so viel Thonerde und ein Drittel mehr Kieselerde als der Feldspath [15]). Ein anderes Gemisch, welches neben dem Granit oder statt seiner aufzutreten pflegt, ist der Syenit, bestehend aus Feldspath und Hornblende, theils allein, theils noch mit Quarz und Glimmer verbunden. Die Hornblende (Amphibol), an ihrer schwarzen Farbe leicht kenntlich, ist ein

---

15) Neben dem eigentlichen Feldspath unterscheiden die Mineralogen noch eine bedeutende Anzahl von ähnlichen Mineralien, die alle kieselsaure Doppelsalze sind, d. h. aus kieselsaurer Thonerde einerseits und aus einem kieselsauren Alkali oder Kalke andererseits bestehen. Geologisch wichtig sind davon der eigentliche Feldspath (auch Orthoklas oder Adular genannt), welcher neben kieselsaurer Thonerde kieselsaures Kali enthält; der Albit, dessen zweiter Bestandtheil kieselsaures Natron ist; und der Labrador, worin sich kieselsaure Kalkerde mit der kieselsauren Thonerde verbunden hat.

Doppelsilicat, das aus dreifach kieselsaurer Kalkerde [16]) mit doppelt kieselsaurer Talkerde entstand, und ihre schwarze Farbe beträchtlichen Antheilen von Eisenoxydul verdankt. Sie findet sich außerdem noch im Grünstein oder Diorit, aber nicht mit gewöhnlichem Feldspath, sondern mit dem reinweißen, natronhaltigen Albit verbunden. Auch dies Gestein tritt neben Granit oder Syenit auf, hat aber gewöhnlich ein kleiner körniges Gefüge, und ist nie so massenhaft, wie jene beiden. Dagegen zeigen sich als Begleiter des Gneißes noch andere schieferige Gesteine, wie der Glimmerschiefer, ein inniges Gemisch von feinem Quarz und Glimmerblättern; oder der Chloritschiefer, welcher aus kieselsaurer Thonerde mit kieselsaurer Talkerde zusammengesetzt ist, und seine bräunliche, röthliche oder grünliche Farbe dem beigemischten Eisenoxydul, wie sein etwas fettiges Anfühlen der Talkerde verdankt. Der Wassergehalt desselben ist für ein Gestein aus dieser Periode besonders merkwürdig, und hat zu sehr verschiedenen Ansichten über seinen Ursprung Veranlassung gegeben. In ihn besonders sind mancherlei fremde Stoffe, die zu jener Zeit im Silicatenmantel zugleich mit entstanden, eingebettet, z. B. Magneteisen, Granat, Turmalin und Smaragd; während in den granitartigen Massen Granat, Epidot, Turmalin, Topas, Korund, Zirkon u. s. w. enthalten zu sein pflegen; alle schöner krystallisirt, als die Grundmasse, welche sie umschließt, und meistens in vollständigen Krystallen räumlich abgesondert. Auch sie sind größtentheils Silicate, in denen die seltener vorkommenden Erden, die Zirkon-, Beryll- oder Glycin-Erde, ihre geringen Quantitäten abgelagert haben. —

Was unter dem Granit liegt, hat die Erfahrung bis jetzt noch nicht sicher ermittelt; wir können also nur Muthmaßungen äußern und annehmen, daß es die an Metalloxyden reicheren und deshalb schwereren Silicate sein werden, welche wir stellenweis auf der Oberfläche der Erde unter Verhältnissen gegenwärtig antreffen, die es wahrscheinlich machen, daß sie aus jäher Tiefe emporgestiegen seien. Es sind das die Augit oder Pyroxen und Olivin enthaltenden schwarzen Basalte, Melaphyre und Laven. Der Augit hat dieselben Bestandtheile wie die Hornblende, aber statt dreifachkieselsaurer nur doppeltkieselsaure Kalkerde, und besonders eine andere Krystallisation; der Olivin ist einfach kieselsaure Talkerde mit kieselsaurem Eisenoxydul, ohne Kalkerde. Beide Stoffe zeigen eine schwarze, der letztere mehr eine schwärzlich-grüne Farbe und kommen in den erwähnten Gesteinen gern mit wasserhaltigen Silicaten (Zeolithen) [17]) verbunden vor, was einen eigenthümlichen Bildungsproceß derselben andeutet. Die

---

16) Die Ausdrücke: einfach-, doppelt-, dreifach-kieselsauer u. s. w. bedeuten, daß die Kieselerde eines gewissen Silicates eben so viel, doppelt so viel oder dreimal so viel u. s. w. Sauerstoff enthält, wie der andere Bestandtheil oder die Basis.

17) Man vergl. Seite 60 die Note 8.

geringere räumliche Absonderung der einzelnen Bestandtheile giebt übrigens den Augitgesteinen eine homogene, graue oder schwarze Farbe; Eigenschaften, welche das abweichende Ansehen bedingen und einen schärferen Unterschied von dem großkörnigen Granit, Syenit und Diorit, obwohl die chemische Beschaffenheit nicht immer so grell verschieden zu sein pflegt, wie die äußere Betrachtung glauben macht. Denn alle sind wenigstens auf dieselbe Weise gebildet, d. h. Gemische von kieselsauren Doppelsalzen, in denen ein Bestandtheil, die kieselsaure Thonerde, nie fehlt, während der andere zwischen verschiedenen Alkali-, Erden- und Metalloxydsilicaten hin und her schwankt, ja oft aus mehreren zugleich bestehen kann [18]).

Die chemischen Verbindungen aller dieser Materien unter einander erfolgten übrigens im Erdenmantel nur so lange, wie er noch flüssig oder wenigstens weich war; sobald er erstarrte, hatte die chemische Affinität ihre Wirksamkeit verloren, denn auch hier gilt die alte Lehre der Alchymisten, daß die Stoffe nur dann auf einander chemisch wirken können, wenn sie flüssig sind [19]). Die Erstarrung trat mit zunehmender Abkühlung nach und nach ein, aber so langsam, daß die Krystallisation der gebildeten Silicate dabei nicht gehemmt wurde, weshalb glasförmige Materien in ihnen ganz fehlen [20]). Ein wie langer Zeitraum zur allmäligen Erstarrung nöthig war, läßt sich freilich nicht mit Sicherheit bestimmen, aber kurz darf man ihn sich nicht vorstellen, wenn man bedenkt, daß die Temperatur während desselben etwa von + 2000 Cels. (1600 Reaum.) bis auf + 200 Cels. (160 Reaum.) herabsinken mußte [21]). Welch ein enormer Zeitraum von Jahrtausenden mochte zu einer solchen Temperaturabnahme erforderlich sein; wir haben nach unseren heutigen Beobachtungen keinen sichern Maßstab dafür, und enthalten uns lieber aller positiven Angaben [22]); aber gewiß

---

18) Ueber den Ursprung dieser Verschiedenheiten hat sich E. Mitscherlich in einem neuen Werke folgendermaßen sehr bündig ausgedrückt: „Besteht eine geschmolzene Masse, bei überschüssiger Kieselsäure, aus Thonerde und Kali in dem Verhältniß, daß der Sauerstoff der Thonerde sich zu dem Kali wie 3 zu 1 verhält, so wird sie beim Erkalten Quarz und Feldspath liefern; enthält sie mehr Thonerde, so wird sie aus Quarz, Feldspath und Glimmer bestehen; enthält sie viermal mehr Thonerde, als zur Feldspathbildung nöthig ist, so besteht sie aus Quarz und Glimmer allein. Enthält sie noch Kalkerde und Eisenoxydul, so wird sie auch Hornblende liefern." (A. angef. O. S. 53.) Für die nähere Kenntniß der formellen Zustände dieser Stoffe ist besonders G. Bischof's Aufsatz in Leonhard's und Bronn's neuem Jahrb. 1843. S. 1 ff., von großer Wichtigkeit; weshalb wir die Leser auf ihn aufmerksam machen.

19) Corpora non agunt nisi fluida.

20) Vergl. das S. 62 über die Form der Laven Gesagte.

21) Bei 2000 Cels. sind alle Silicate geschmolzen, bei 227° schmilzt das Zinn.

22) Professor G. Bischof in Bonn hat (Wärmelehre S. 479 ff.) aus Untersuchungen über die Abkühlungszeit einer künstlich geschmolzenen Basaltkugel von 2′ Durchmesser nicht zu übersehende Folgerungen gezogen und durch Rechnung gefunden, daß die Erkaltung des Erdkörpers von der Schmelzhitze seiner jetzt festen Rinde bis

bleibt es wohl, daß die Erkaltung nicht überall gleichmäßig auf der Oberfläche eintrat, sondern zuerst hier und da in der bereits angegebenen Weise, und daß dadurch unter dem Aequator ein unregelmäßig geformter Gürtel entstehen mochte, der sich erst nach und nach gegen die Pole hin weiter ausbreitete. War er vollständig zur Kugelzone geschlossen, so verhinderte er die schnellere Abkühlung der übrigen Masse, weil die Silicate schlechtere Wärmeleiter sind, als die Metalle; mithin nur eine langsamere Fortpflanzung der Wärme, die von den in der Tiefe stehenden geschmolzenen Metallen ausging, durch sich hindurch verstatteten. Die entstandene krystallinische Rinde erkaltete darum in den äußeren Schichten viel schneller, als der ganze Silicatenmantel, weil zu ihr weniger und immer weniger Wärme von der Tiefe her hinaufdrang; und diese schnellere Erkaltung auf der Oberfläche eines Theils, dann aber auch die von der Achsendrehung des Erdkörpers hervorgebrachte Strömung im Silicatenmantel, so lange er noch ganz flüssig war, scheint manchen Geologen die Ursache gewesen zu sein, warum die äußersten Schichten der krystallinischen Silicate ein feinkörniges, blätteriges Gefüge besitzen; während Andere darin schon unter dem Einfluß des Wassers gebildete umgeänderte Sedimente erblicken, deren stratificirte Beschaffenheit ihren sedimentären Ursprung zu erkennen geben soll. Unter dem Namen der krystallinischen Schiefer werden wir ihrer bald weiter gedenken müssen; Gneiß, Glimmerschiefer, Chloritschiefer, Talkschiefer ꝛc. gehören in diese Kategorie.

Die fortdauernde und zugleich an Intensität fortschreitende Abkühlung des ganzen Mantels der Silicate bewirkte natürlich in ihm eine mit der Abkühlung gleichmäßige Verdichtung und Zusammenziehung [23]), welche ebenfalls von außen nach innen vorschritt, und später, da die anorganische feste Materie nur höchst geringe Elastizität besitzt, zu einer Zerreißung oder

---

zur Stabilität der Temperatur 353 Millionen Jahre gedauert haben müsse. Durch eine andere Rechnung fand er den Zeitpunkt, wo in unseren Gegenden ein Tropenklima herrschte, was mit der Epoche vor Entstehung der Steinkohlen zusammenfallen würde, ziemlich 1,300,000 Jahre von der jetzigen Periode des Erdkörpers entfernt. Hiermit stimmt freilich eine ähnliche Berechnung von Arago (Gehler's physik. Wörterb. IX. 1. S. 618 u. f.), die diesen Abstand bloß zu 313,600 Jahren annimmt, wenig überein, und zeigt mindestens, wie unsicher die numerischen Resultate überhaupt sind, die aus jetzigen Erfahrungen über frühere Zustände gefolgert werden können. Dagegen ergiebt eine von anderen Voraussetzungen ausgehende Rechnung (ebendas. S 622) ein mit Bischof's Annahme fast gleichlautendes Resultat, nämlich 1,306,800 Jahre für den Zeitraum von der Steinkohlenperiode bis zur Gegenwart; und so scheint in der That dieser Werth eine nicht zu verachtende Wahrscheinlichkeit für sich zu haben. Später hat indeß Bischof wieder denselben Zeitraum zu 9,000,000 Jahren bestimmt, und zwar dies Resultat auf demselben Wege, wie die ganze Erkaltungszeit von 353,000,000 Jahren erhalten. Dieser Zeitraum würde also, wenn jene Berechnung von 1,300,000 Jahren die richtigere ist, eine entsprechende Reduction erfahren müssen.

23) Vergl. S. 51.

Spaltenbildung auf der Oberfläche führen mußte. Von diesen Spalten gelangten einzelne größere, nach und nach, wie die Abkühlung zunahm, tiefer eindringend, in die Nähe der noch flüssigen Schicht, und boten, indem die Zusammenziehung der kälteren Rinde gegen den Mittelpunkt an allen peripherischen Punkten fortdauerte, den dadurch gepreßten inneren flüssigen Massen einen Ausweg dar. Gewaltsam unter Donner gleichem Krachen und heftigen Erschütterungen die Spalten zerreißend, drang der zähe Fluß von unten her in die geöffneten, weit klaffenden Schlünde, schob ihre Ränder mit sich empor, und erstarrte hier, von den kälteren Umgebungen schnell seiner höheren Wärme beraubt, die dadurch entstandenen Fugen wieder schließend. Allein die Zusammenziehung hörte nicht auf, sie schritt vielmehr um so schneller und nachhaltiger vor, je mehr und mehr der Silicatenmantel fest ward, je stärker er sich auf der Oberfläche abkühlte; weshalb der Druck von außen nach innen immer heftiger wurde. Als Folge desselben hoben sich, von dem gepreßten glühenden Kerne getragen, einzelne von Spalten abgegrenzte Bruchstücke der Schaale immer mehr über das mittlere Niveau der übrigen; ihre Hebung dauerte fort, so lange die Zusammenziehung dauerte, und bedingte stets stärker werdende Unebenheiten der festen Rinde. Diese Rindenstücke trugen die auf ihnen liegenden krystallinischen Schiefer natürlich mit empor, selbst wenn sie bis tief in den großmassigen Granit hineinragten, und erkalteten schneller, weil sie isolirter dastanden; worauf eine neue oder wiederholte Spaltenbildung bei ihnen eintrat, und die früher (S. 63) besprochenen Erscheinungen der Zerklüftung oder Absonderung erzeugte. —

Dies war der Hergang, den der Silicatenmantel unseres Erdballes vom Anfange seines Daseins in tropfbar-flüssiger Form bis zu seiner Vollendung in fester verfolgen mußte; untersuchen wir nun, was gleichzeitig mit diesen Erscheinungen im übrig gebliebenen Gasraume des werdenden Planeten geschah.

Auch hier ist es unsere erste und nächste Frage: Woraus bestand dieser Gasraum nach Ausscheidung der tropfbar gewordenen Silicate? — Die Antwort darauf muß wieder von der Betrachtung des gegenwärtigen Zustandes und der Untersuchung dessen, was zwischen der heutigen Atmosphäre und den krystallinischen Silicaten liegt, ihren Ausgang nehmen.

Als Bestandtheile des Gasraumes über den Silicaten werden wir zunächst diejenigen Stoffe ansehen dürfen, welche noch heute die größte Neigung zur Gasform besitzen, und deshalb mit dem Namen der permanenten Gase bezeichnet werden[24]). Es sind das der Sauerstoff, Wasserstoff und der Stickstoff. Aus Sauerstoff und Stickstoff, in dem Volumen-

---

24) Stoffe, die beim gewöhnlichen Luftdruck und den natürlichen Temperaturunterschieden luftförmig bleiben, nennt man Gase; permanente nennt man sie dann, wenn sie sich weder durch Druck, noch durch Kälte tropfbar darstellen lassen.

verhältniß von 21 zu 79 gemischt, besteht unsere Atmosphäre; der Wasserstoff dagegen hat sich mit dem Doppelten seines Volumens oder dem Achtfachen seines Gewichtes Sauerstoff zu Wasser verbunden, und ist als solches beim gewöhnlichen Luftdruck und einer Temperatur unter 80° Reaum. tropfbar. Steigert sich aber die Wärme, so wird das Wasser dampfförmig, wenn nicht entsprechend erhöhte Druckkräfte seine Umwandlung hindern [25]). Zur Zeit der flüssigen Silicate war also die Atmosphäre der Erde stark mit Wasserdunst erfüllt, sie war ebendeshalb dichter und für die Strahlen der Sonne noch nicht so durchdringlich; aber sie hatte auch ein bei weitem größeres Gewicht, sie drückte vermöge desselben stärker auf ihre Unterlage, oder vielmehr die oberen Schichten drückten auf die unteren. Ein solcher Druck ist von entschiedenem Einfluß auf die Existenz gasförmiger Stoffe, er wirkt nicht bloß comprimirend auf sie, sondern zwingt auch manche von ihnen, aus der Gasform in die tropfbare Form überzugehen, ohne daß die Temperatur abzunehmen braucht. Nimmt nun die Temperatur im gedrückten Gasraume selbst mit ab, so mehrt sich in demselben Maße die Wirkung des Druckes; weshalb Gase, welche beiden Bedingungen gleichmäßig ausgesetzt werden, oft schnell in eine tropfbare Flüssigkeit sich verwandeln [26]). Umstände ähnlicher Art fanden statt, als der Silicatenmantel zu erkalten anfing; daher wir annehmen dürfen, daß bald nach seiner Erstarrung auch schon das Wasser in den untersten Schichten des Gasraumes tropfbar wurde, und ein heißes, kochendes, dampfendes, zischendes Urmeer darstellte, welches sich anfangs nur hier und da in den Vertiefungen der ungleichen Oberfläche sammeln mochte, später aber in demselben Maße an Ausdehnung zunahm, als die festen Silicate sich abkühlten. Je mehr Wasser aber tropfbar wurde, um so mehr verminderte sich der Druck des Gasraumes, weshalb es einen sehr langen Zeitraum erfordert haben muß, ehe alles Wasser des Gasraumes tropfbar werden konnte. Wir dürfen mit Sicherheit annehmen, daß dies nicht eher geschah, als bis die Temperatur des ganzen Gasraumes unter 80° Reaum. gefallen war, und erst von diesem Zeitpunkte an die spätere Beschaffenheit der Atmosphäre datiren. —

In diese Periode ihrer Entwickelung gelangt, war für die Erde der feurige Proceß in seinen Hauptsachen beendet, und der wässerige nahm seinen Anfang. Allein ehe das Meer und die Luft zu ihrer jetzigen Be=

---

25) Ein doppelt so großer Luftdruck, wie der normale, erfordert z. B. 96° Reaum., um das Wasser dampfförmig zu erhalten. —

26) Man pflegt den Druck, welchen unsere heutige Atmosphäre ausübt, und der bekanntlich ebenso stark ist, wie der Druck einer Quecksilbersäule von 28 Zoll, oder einer Wassersäule von 32 Fuß Höhe, als Einheit bei Messungen der Druckkräfte anzunehmen, und also von Gasen zu reden, die unter 2, 3, 4 u. s. w. Atmosphären tropfbar comprimirt werden. Daß man diese schwierigen Untersuchungen durch Beobachtung von Druckkräften, welche Quecksilbersäulen von 2mal 28, oder 3mal 28 Zoll 2c. Höhe entsprechen, werde anstellen können, wird jeder Leser bei reiflichem Nachsinnen bald ergründen. —

schaffenheit gekommen sind, müssen noch manche Veränderungen oder chemische Conflicte im Gasraume stattgefunden, und namentlich die Stoffe aus ihm sich abgeschieden haben, welche neben Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff darin ursprünglich sich befanden. Was das für Stoffe gewesen sind, können wir weniger aus der heutigen Atmosphäre, als aus der Beschaffenheit derjenigen Absätze kennen lernen, welche sich zunächst auf die krystallinischen Silicate auflagerten, und natürlich die Bestandtheile des Gasraumes nach Entstehung der Silicate verändert oder unverändert enthalten.

Unter den sedimentären Schichten, denn das sind diese Gebilde alle, nimmt die kohlensaure Kalkerde eine der bedeutendsten Stellen ein; sie mag darum auf ihre Entstehung zuerst geprüft werden. Gegenwärtig finden wir sie als mächtige Lager eines derben, theils krystallinischen, theils strukturlosen, feinerdigen aber festen Kalksteins, der zwischen Thonschiefer und Grauwacke in der unmittelbaren Nähe der krystallinischen Schiefer auftritt, und gewöhnlich schon Versteinerungen thierischer Körper enthält. Wir sehen daraus, daß die Temperatur des Gasraumes und Meeres unter 80° Reaum. gefallen war, als dieser Kalkstein entstand; denn kein thierischer Organismus kann in einer Temperatur von 80° R. leben, weil schon bei 60° R. das Eiweiß gerinnt, aus dem ein großer Theil aller thierischen Materie besteht, eine solche Gerinnung aber augenblicklich den Tod nach sich zieht. Als also die kohlensaure Kalkerde in Lagen sich absetzte, war das Meer bereits völlig tropfbar; und da diese Qualität nicht seine erste gewesen ist, so dürfen wir auch nicht den jetzigen Zustand der kohlensauren Kalkerde als den ursprünglichen ansehen; denn die kohlensaure Kalkerde ist nicht vom Meere gebildet, sondern aus ihm bloß abgesetzt. In welchem Zustande war sie aber früher vorhanden? — Diese Frage ist eine der wichtigsten, und ihre Beantwortung eins der schwierigsten Probleme der theoretischen Geologie. — War sie etwa als Gas im Gasraume des Erdkörpers enthalten? — Schwerlich, denn bei Einwirkung eben nicht sehr hoher Hitzgrade trennt sich ihre Verbindung, die Kohlensäure entweicht und die Kalkerde bleibt zurück; nur wenn ein heftiger Druck die Entweichung der Kohlensäure hindert, schmilzt der kohlensaure Kalk, wie die Silicate, und nimmt ein krystallinisch körniges Gefüge an. Aber bei Weitem die meisten und namentlich alle jüngeren Kalksteine sind nicht krystallisirt, sondern feinerdig abgesondert, wenn auch sehr fest und zähe gefügt; sie entstanden also weder durch einen wässerigen Krystallisationsproceß, noch durch plutonische Massenbildung, sondern auf eine andere, wahrscheinlich secundäre Weise, aus großartigen Zerstörungen älterer krystallinischer Rindenbestandtheile unseres Erdkörpers. Gesetzt nämlich, der heiße Dunstmantel und das aus ihm niedergefallene Urmeer umgaben die krystallinischen Silicate, so wirkten sie auch zersetzend auf dieselben ein; sei es, daß ihre hohe Temperatur den Verwitterungsproceß begünstigte, oder die in beiden enthaltene, viel größere

Quantität von Kohlensäure die auflösende Eigenschaft des Wassers unterstützte. Dadurch zerstörte es nicht bloß die Oberfläche der Gesteine, sondern es drang auch in alle Fugen, Klüfte oder Spalten bis zu beträchtlichen Tiefen mit derselben auflösenden Wirkung hinab; die Silicate wurden vielseitig angegriffen, ihre auflöslichen Bestandtheile wurden vom Wasser chemisch aufgenommen und die unauflöslichen als erdiger Schlamm mechanisch mit fortgeführt. Nun sind diese Bestandtheile, ihrer Hauptsache nach: Kieselsäure, Thonerde, Alkalien und Kalkerde. Die Kieselerde ist theilweis auflöslich, wenigstens die aus ihrer chemischen Verbindung herausgetriebene; theilweis erhielt sie sich unverändert, wenn sie als reiner Quarz vorhanden war; — die Thonerde ist unauflöslich, sie blieb also mechanisch suspendirt im Wasser und bildete mit den zertrümmerten Quarzkörnern einen schlammigen Bodensatz; — die Kalkerde endlich und die Alkalien, jene dem Labrador, Augit und der Hornblende entzogen, diese vom Orthoklas und Albit (vergl. Note 15) abstammend, gingen mit der vorräthigen Kohlensäure neue chemische Verbindungen ein, und wurden als kohlensaure Salze aufgelöst: die Alkalisalze, weil sie leicht löslich sind; der kohlensaure Kalk, weil die in großem Ueberschuß vorhandene Kohlensäure auch ihn auflöslich machte. Damit war denn der kohlensaure Kalk zwar vorhanden, aber er war noch nicht abgesetzt; er war nur in Auflösung vorräthig, und mußte in ihr so lange verbleiben, wie die Mutterlauge vorhanden war; denn an eine Abscheidung durch Verdunstung des Wassers ist diesmal um so weniger zu denken, als mit der fortdauernden Abnahme der Temperatur die Quantität des Wassers auf der Erde durch Niederschlag der wässerigen Dünste aus dem Luftkreise sich nur vermehren, nicht vermindern konnte. Dagegen mußte eine Abnahme der freien Kohlensäure im Wasser, wie in der Luft, eine theilweise Abscheidung des kohlensauren Kalkes bewirken, und diese Abnahme ist allerdings denkbar, ja sogar nothwendig, zur Zeit, als die ältesten Organismen, besonders die ursprünglich wohl zuerst vorhandenen Meergewächse, die schwimmenden Fucoideen oder Vareghs, entstanden. Daß die ältesten organischen Geschöpfe ihren materiellen Gehalt aus ihrer Umgebung entlehnten, kann nicht bezweifelt werden, und da die Kohlensäure noch jetzt das wichtigste anorganische Substrat für das Pflanzenleben bildet, so muß sie es auch in jener Zeit gewesen sein. Also die ältesten Pflanzen verbrauchten einen Theil der Kohlensäure im Wasser, wie in der Luft, und begünstigten dadurch den Absatz des im Urmeer sehr reichlich gelösten kohlensauren Kalkes. Waren aber erst Pflanzen da, so konnten auch Thiere entstehen; und wenn die auftraten, wenn Muscheln, Schnecken und besonders Polypen das Weltmeer bevölkerten, so mußte auch kohlensaure Kalkerde ihm in Masse entzogen werden. Auf diese Weise ist die organische Welt ein kräftiger Hebel für die Entstehung der sedimentären Kalklager geworden, und ihr im Laufe der Zeiten mächtiger werdender Einfluß liefert uns die

beste Erklärung des stets zunehmenden Kalkquantums auf der Erdoberfläche. Zugleich ergiebt sich das lokale Auftreten des Kalkes aus Umständen, welche die Ansiedelung der Kalk abscheidenden Meerthiere begünstigten, namentlich aus den Verschiedenheiten des Bodens und des Wassers. So lange der Thonschlamm in ihm suspendirt war, so lange Strömungen diesen Schlamm in Bewegung erhielten, wurde das Leben der Polypen beeinträchtigt, so lange bildeten sie noch keine Kalkbank; als aber Ruhe eintrat, der Schlamm zu Boden fiel, das Meer sich abklärte, da wurde es ein geeigneter Tummelplatz für die Polypen, und von nun an begannen sie ihr Kalk abscheidendes Geschäft. —

So scheinen, nach der gegenwärtigen Lage unserer Forschungen, organische Processe auf der Erdoberfläche mit den anorganischen, chemischen wie physikalischen, wesentlich Hand in Hand zu gehen und namentlich die Abnahme der Kohlensäure in Luft und Wasser die Zunahme der Thier- und Pflanzenwelt zu bedingen, beide Umstände zugleich aber entscheidend für die Ausbreitung sedimentärer Kalkschichten zu sein, und das nach und nach immer mächtiger werdende Quantum des Kalks am besten zu erklären; indem sie darthun, wie durch den anderweitigen Verbrauch der überschüssigen Kohlensäure das Wasser seine auflösende Kraft verliert, mithin immer größere Massen von kohlensaurer Kalkerde absetzt. Ein solcher anderweitiger Verbrauch der Kohlensäure bietet sich am natürlichsten in den Pflanzen dar, weil sie großentheils aus Kohlenstoff bestehen, den sie als Kohlensäure in sich aufnehmen. Sobald sich also der Meeresgrund oder das bereits entstandene Land mit Pflanzen bekleidete, nahm die Kohlensäure ab, die dadurch abgeschiedene kohlensaure Kalkerde zu, und da die Kalkerde in größter Mächtigkeit erst nach den Steinkohlen erscheint, deren Kohle aber von vernichteten Pflanzen herrührt, so hat die mitgetheilte Ansicht mehr als eine hypothetische Wahrheit für sich. Ganz ebenso verhält es sich mit der Thierwelt: auch sie steigt, jemehr die Kohlensäure abnimmt; und indem sie steigt, liefert sie den zweiten Faktor für die sedimentäre Kalkbildung. Wir bleiben demnach bei dieser Ansicht, als der richtigsten, stehen, und glauben durch sie schon genugsam bewiesen zu haben, daß außer Wasserdämpfen und atmosphärischer Luft der Gasraum noch eine sehr bedeutende Quantität von Kohlensäure enthalten mußte.

Was übrigens vom kohlensauren Kalk gilt, kann, soweit es seine Entstehung im Urmeere betrifft, auch vom schwefelsauren oder Gyps, vom phosphorsauren oder Apatit, vom flußsauren oder Flußspath, und von der kohlensauren Talkerde, dem Talkspath, Magnesit oder Bitterkalk gelten; alle diese Gesteine konnten sich aus Säuren bilden, die im Urmeere enthalten waren, und mit der frei gewordenen Kalk- und Talkerde chemische Verbindungen eingingen, welche das stark gesäuerte heiße Wasser in sich aufnahm und so lange behielt, bis veränderte Umstände es nöthigten, die Stoffe an geeigneten Stellen wieder abzusetzen. —

Wir sehen aus diesen Angaben, daß der Gasraum hauptsächlich ein Gemisch von Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Kohlenstoff gewesen ist, aus denen sehr bald Luft, Wasser, Kohlensäure, vielleicht auch Salpetersäure und einige andere verwandte Flüssigkeiten entstanden. Die Bildung dieser Stoffe in sehr früher Zeit läßt sich bei dem Durchdringungsvermögen [27]) der Gase unter einander sehr wohl begreifen; aber da ihre Existenz in tropfbarer Form an eine niedere Temperatur gebunden ist, so konnten sie erst chemische Verbindungen eingehen, nachdem die Affinitäten solcher Materien sich ausgeglichen hatten, welche schon bei höherer Temperatur sich chemisch verbanden und dann tropfbar oder fest wurden. Ebendeshalb treffen wir Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff in den krystallinischen Schichten des Erdkörpers nur stellenweis in sehr geringen Quantitäten als Bestandtheile chemischer Verbindungen an; alle wurden bei der Condensation gewöhnlich von den schwereren metallischen und erdigen Stoffen verdrängt, und als leichtere Substanzen auf die höheren Räume der Gaszone beschränkt. Nur vom Kohlenstoff, dem strengflüssigsten der genannten, möchte man erwarten, daß er trotz seiner großen Affinität zum Sauerstoff schon früh, d. h. bei sehr hoher Temperatur, habe fest werden können und die Erfahrung schien diese Annahme im Vorkommen von Diamant und Graphit zu bestätigen; allein spätere Prüfungen jener beiden reinsten Formen des Kohlenstoffs im älteren Gebirge wollen das nicht rechtfertigen, sie sprechen dafür, daß es secundäre, durch Umwandlung entstandene Körper sind. Uns beweisen sie übrigens, so gut wie die überall fein vertheilten Metalle, daß in dem Gedränge der mannigfach durch einander gemischten Stoffe zur Zeit, als die Silicate sich bildeten, nicht alle den Weg ihrer Schwere gemäß finden konnten, sondern mancher in diesem oder jenem Zustande zurückgehalten wurde. Namentlich Metalle blieben auf solche Art im Silicatengürtel übrig; sie erhielten sich theils schwebend in der Masse, theils drangen sie aus der Tiefe wieder hervor, und diese allgemeine Verbreitung fand um so mehr statt, je größer die Quantität jedes einzelnen Stoffes war. — Der Kohlenstoff muß aber eine sehr häufige und deshalb weit verbreitete Substanz gewesen sein, weil er, außer jenen Resten im Silicatenmantel, sowohl in den neptunischen Niederschlägen, als auch im organischen Reiche mit Sauerstoff verbunden eine so große Rolle spielt. Diese Verbindung erfolgte sehr früh — das lehrt die hohe Temperatur, welche erfordert wird, den Kohlenstoff zu verbrennen [28]) — war aber, so wie sie sich gebildet hatte,

---

27) Obwohl die verschiedenen Gase eine verschiedene spezifische Schwere besitzen, so ordnen sie sich in Mischungen doch nicht nach derselben über einander, wie tropfbare Flüssigkeiten, sondern erfüllen einen Raum vollständig gleichmäßig; verhalten sich also einzeln so, als ob die anderen im Raume gar nicht vorhanden wären. Diese Eigenschaft nennt man das Durchdringungsvermögen.

28) Diamanten, welche aus reinem Kohlenstoff bestehen, verbrennen nur im Focus der stärksten Hohlspiegel, oder im Knallgasgebläse, welches durch Ent-

höchst flüchtig, denn die Kohlensäure bleibt bekanntlich beim gewöhnlichen Luftdruck noch gasförmig[29]). Ihr Bestreben zu dieser Qualität konnte nur durch einen starken Druck[30]) oder eine sehr entschiedene chemische Affinität überwunden werden; allein letztere konnte sich in frühester Zeit um so weniger geltend machen, als die Kohlensäure eine der schwächsten Säuren ist, und in der Glühhitze noch von der Kieselerde ausgetrieben wird. Damals entstanden also keine kohlensauren Verbindungen, sie gehören alle einer späteren Epoche an.

Ebenso zeitig wie die Kohlensäure, ja vielleicht noch früher, ging die Oxydation des Wasserstoffes, oder die Bildung des Wassers vor sich; denn beide Stoffe verbinden sich alsbald chemisch, wenn ihr Gemisch entzündet wird. So lange der Erdball eine bloße Dunstmasse war, konnten Wasserstoff und Sauerstoff noch zu keiner chemischen Verbindung gelangen; als aber im Dunstball ein glühender fester Kern sich gebildet hatte, wurde das Gemisch des Wasserstoffs und Sauerstoffs durch ihn entzündet und zur chemischen Verbindung gestaltet. Wohl aus diesem Grunde fehlt freier Wasserstoff gänzlich auf der Erde; überall ist er chemisch gebunden, sei es an Sauerstoff, oder an Stickstoff, Chlor und Fluor, den Elementen, mit welchen er neben dem Sauerstoff noch die am meisten verbreiteten Verbindungen eingegangen ist. Das Wasser war also ein sehr früher Bestandtheil unserer Erde; es existirte schon vor den Silicaten in Dunstgestalt, und bildete mit den Bestandtheilen der Atmosphäre das Medium, in dem alle anderen Dunstmassen enthalten waren. Auch als es später zur tropfbaren Qualität sich verdichtet hatte, blieb ihm seine frühere Rolle; es ward die allgemeine Mutterlauge, welche die auflöslichen Stoffe und Flüssigkeiten, besonders die noch nicht an Basen fixirten ursprünglichen, oder im Laufe der Zeit secundär gebildeten Säuren, in sich aufnahm, und ihnen passende Verhältnisse zu ihren chemischen Actionen darbot. —

Die Gründe für diese Annahmen lassen sich empirisch aus dem Umstande darthun, daß Verbindungen von Säuren mit Basen so häufige Bestandtheile derjenigen Erdschichten ausmachen, welche über den Silicaten als wässerige Absätze die stratificirten Sedimente der Erdrinde zusammensetzen. Wir müssen diese Schichten entweder als Niederschläge im Urmeere aufgelöst gewesener Salze ansehen, oder als Produkte der Zerstörungen, welche das heiße Urmeer auf die festgewordenen krystallinischen Silicate ausübte. Die erstere Annahme ist nicht sehr wahrscheinlich, die zweite dagegen um so statthafter. Wir leiten gegenwärtig nicht bloß die kohlensaure Kalkerde, wie oben gezeigt wurde, sondern auch alle anderen Sedi-

---

zündung von Sauerstoff und Wasserstoff im Moment ihrer Verbindung hervorgebracht wird, und alle künstlichen Hitzgrade übertrifft.

29) Siehe Seite 74.

30) Unter dem Druck von 36 Atmosphären bei 0° Reaum. wird die Kohlensäure tropfbar. (Siehe Seite 137 die 26. Note.)

mente, von den Verwitterungen her, welche das heiße Urmeer und die Atmosphäre auf ihre Umgebungen ausübten und glauben, daß bei diesen Zersetzungen auch die Schwefelsäure, Salzsäure, Flußsäure &c. sich betheiligten, welche wir in chemischer Verbindung mit Alkalien und Erden als Bestandtheile der Sedimente auf der Erdoberfläche antreffen. Der Stoff dieser Sedimente beglaubigt durchaus unsere Annahme, er beweist sogar ihre Richtigkeit. Denn die äußersten Lagen der Silicate bestehen aus Quarz, Feldspath, Hornblende und Glimmer, von denen der Feldspath unter dem Einfluß der Kohlensäure des Urmeeres, oder noch früher durch Einwirkung der mit ihr geschwängerten heißen Wasserdämpfe, zersetzbar ist. Bei seiner Zerstörung gingen Kali und Natron ins Wasser über, und bildeten lösliche salzsaure (z. B. Kochsalz), schwefelsaure (z. B. Glaubersalz) oder andere Verbindungen, während die unlösliche Thonerde abgesetzt wurde, die Kieselerde des Feldspaths aber im Wasser aufgelöst blieb, und der unaufgelöste Quarz oder der unlösliche Glimmer in kleinen Partikelchen zu Sand zerfiel. Wir haben also mechanische Beimengungen von Thonerde und Glimmerblättchen, aus denen der Thonschiefer entstand, wenn die Thonerde allein oder mit Glimmer gemischt niederfiel, während Grauwacke sich bildete, wenn Thonerde mit Sandkörnern vermengt wurde. Schied sich mit der Thonerde auch aufgelöst gewesene Kieselerde aus, so entstanden Kieselschiefer und Jaspis, oder wenn Talkerde mit abgesetzt wurde, der Talkschiefer. War ein Theil der frei gewordenen Talkerde mit der Kohlensäure eine chemische Verbindung eingegangen, und drang dieselbe, sei es nachträglich oder gleichzeitig, in die bereits entstandenen Sedimente von kohlensaurer Kalkerde ein, so lieferte sie das Material des Dolomits, und wo die kohlensaure Kalkerde allein durch organische Thätigkeiten niedergeschlagen wurde, den Kalkstein. Wir können aus einer solchen Zersetzung der Silicate die Materien fast aller neptunischen Niederschläge erklären; selbst die in ihnen enthaltenen Erzlager, wenn wir nur annehmen, was völlig erlaubt ist, daß die verwitterten Silicate Erze enthielten, besonders Eisen= oder Kupferoxyde. Wurden dieselben durch die Verwitterung der Silicate den Einwirkungen der Schwefelsäure, die aus sublimirtem Schwefel sich bildete, ausgesetzt, so entstanden schwefelsaure Salze (Vitriole), welche in Wasser löslich sind. Aus ihm schied sich das schwefelsaure Salz besonders durch die Einwirkung der absterbenden Organismen wieder ab, und verwandelte sich dabei mittelst Entfernung des Sauerstoffs[31]) in Schwefelmetall, in welcher Gestalt es in den neptunischen Erdschichten gewöhnlich enthalten ist. Manches Eisenoxyd mochte auch als kohlensaures Salz im

---

31) Die Zersetzung der organischen Körper bot dazu Veranlassung, daher dieselben so oft in Schwefelkies verwandelt sich finden. Vergl. S. 41 und die Note 16 zum 11. Kapitel.

Wasser verweilen, wenn keine Schwefelsäure mehr für dasselbe übrig blieb, und später wieder in reines Oxyd sich umwandeln, als die Straten, worin es mit aufgenommen worden war, durch Verdunstung ihr Wasser und ihre Kohlensäure abgaben. So entstanden die Thoneisensteine und Eisennieren, welche in mittleren Flötzgebirgen häufig gefunden werden; in tertiären Epochen bildete sich auf dieselbe Weise der Eisenocher und der fast immer eisenschüssige Thon oder Lehm. —

Demnach rühren die ältesten neptunischen Schichten des Erdkörpers von den Verwitterungen der obersten plutonischen Stoffe, der Silicate her, und ihre frühzeitige Entstehung lehrt uns, daß schon lange vor dem Tropfbarwerden des Wassers, durch die im Gasraume enthaltenen heißen Wasserdämpfe und die Kohlensäure diese Verwitterungen begannen. Das später tropfbar gewordene Wasser fand also seine mechanischen Beimengungen bereits im zersetzten Zustande, und es bereitete aus ihnen durch bloßen Niederschlag den Glimmerschiefer oder Urthonschiefer, zwei der ältesten neptunischen Schichten, deren erste Existenz ohne Zweifel über das Sinken der Temperatur unter 80° Reaum. hinausreicht. Als aber diese bedeutende Temperaturabnahme eintrat und das älteste organische Leben in Pflanzen- und Thiergestalt entstand, verlor das Wasser mit der Hitze und der Kohlensäure sein kräftiges Einwirkungsvermögen auf die Silicate, es übte von nun an eine schwächere chemische, aber desto mehr eine mechanische Gewalt über sie aus, und schuf dadurch vielleicht die sandreichen Grauwackenschichten, welche dem Thonschiefer zu folgen pflegen, wie er bereits Versteinerungen enthaltend. Zugleich mußte aus denselben Gründen auch die kohlensaure Kalkerde vom Wasser sich trennen und den Uebergangskalkstein bilden, welcher mit Thonschiefer und Grauwacke wechsellagernd die Uebergangsformation der älteren Geognosten ausmacht. Diese Absätze und die Verwitterungen, denen sie ihr Dasein verdanken, ließen aber nach, als die der Atmosphäre und dem Wasser zugänglichen Oberflächen der krystallinischen Gesteine zerstört, oder von neu gebildeten Niederschlägen bedeckt worden waren; womit die Entwickelung des Erdkörpers in dieser Periode ihr Ziel gefunden hatte. Ein langer Zeitraum der Ruhe und des Gleichgewichtes herrschte schon damals, als das Meer durch seine Ausscheidungen sich abgeklärt und gleich der Atmosphäre von allen fremden Beimischungen sich gereinigt hatte, auf der Erde; während welcher Ruhe der Ocean in seinem Schooße die ältesten Organismen gebar, und alsbald der unendliche Raum mit wenigen, merkwürdigen Formen in zahlreichen Individuen sich bevölkerte. Indessen nicht für immer war diese erste Pause im unaufhaltbaren Fortschritt der Entwickelung gegeben, — Revolutionen, die dem Leben der Organismen gefährlich wurden, traten ein und bewirkten ihren Untergang, so daß nur die härteren Theile ihrer Leiber, welche in die annoch weichen Schichten des Meeresbodens sich eingebettet hatten, ihre Formen für uns als redende Zeugen einer fernen

Vergangenheit aufbewahrten [32]). — Ueber die Ursachen solcher Umwälzungen walten, nach den vorangegangenen Mittheilungen, keine Zweifel mehr ob; aus der Tiefe emporgekommene Massen waren es, welche Theile der festen Erdrinde verwarfen, und die vormals horizontalen Schichten durch weiteres Oeffnen der Spalten, aus denen sie hervortraten, in eine geneigte Stellung versetzten. Erschütterungen des Bodens beim Durchbruch, ausgegangen entweder von den Contractionen der erstarrenden, stellenweis zusammenstürzenden Rinde (S. 135), oder von eingepreßten Wasserdämpfen, welche als tropfbare Flüssigkeit, mittelst der feineren Klüfte bis in die Nähe des geschmolzenen Theiles der Silicate einen Weg gefunden hatten; — heftige Bewegungen des Meeres während solcher Erschütterungen, und noch mehr während des Emporsteigens der von jenen Kräften getriebenen Massen; — eine Aenderung seines Niveaus nach ihrem Durchbruch; — das waren die gewöhnlichen Phänomene, womit eine neue Periode der Schöpfung ihren Anfang nahm; denn sie sind die nothwendigen Folgen der Ursachen, welche mit dem Ausströmen der erhitzten Dämpfe oder Gase sich wieder verloren. Nicht selten waren die letztern zugleich giftige, den Organismen schädliche Stoffe, welche der Ocean in sich aufnahm, und dadurch mehr, als durch die bloße Bewegung, seinen gerade dort anwesenden Bewohnern verderblich werden mußte. Große Massen todter Fische, deren früher als Begleiter von submarinen vulkanischen Ausbrüchen gedacht wurde, scheinen für ähnliche Verhältnisse in der Vorzeit zu sprechen. Gewiß aber wirkte die bis zum Siedpunkte örtlich gesteigerte Hitze des Wassers, veranlaßt durch heiße hervorquellende Dämpfe und Flüssigkeiten, tödtend auf die organischen Geschöpfe in der Nähe der Eruptionspunkte, da keins derselben eine solche Temperatur auch nur auf wenige Minuten zu ertragen fähig ist.

Was hier im Kurzen von den Ursachen und Produkten der ältesten Erdumwälzungen gesagt wurde, scheint nicht bloß für sie richtig zu sein, sondern auch bei allen folgenden sich wiederholt zu haben. Wir betrachten daher alle erdigen geschichteten Lagen als Reste der Verwitterungen krystallinischer Gesteine, an deren Bildung chemische Affinitäten der vom Meere absorbirten Säuren wesentlichen Antheil hatten. Die dadurch neu gebildeten, im Wasser unauflöslichen Stoffe wurden in fein zertheilter Form

32) Hiermit soll indessen nicht gesagt werden, daß alle Versteinerungen von plötzlich getödteten oder vernichteten Geschöpfen herrühren; sehr viele, ja die meisten Thierreste sind wohl Ueberbleibsel von Individuen, welche eines natürlichen Todes starben und bei dem schnellen Fortschritt der Schichtenbildung gleich nach ihrem Tode eingehüllt und vor Zerstörung gesichert wurden. Die Vertheilung zahlreicher Individuen derselben Thierart in verschiedene Schichten einer Formation spricht zu deutlich für deren langdauerndes Dasein und allmäliges von Generation zu Generation eingetretenes Absterben, als daß sich eine andere Ansicht von ihrem Tode füglich aufstellen ließe. Nichtsdestoweniger sind plötzliche und gewaltsame Tödtungen in einzelnen Fällen sicher vorgekommen und ebenso bestimmt nachgewiesen. —

vom Meere aufgenommen und schichtweise wieder abgesetzt, bis alle krystallinischen Massen, mit denen das Wasser und die Atmosphäre in Berührung kommen konnte, diesem Verwitterungsproceß unterworfen waren. Da führten Zerreißungen der Schichten, von eingeengten Wasserdämpfen bedingt und von dem Emporsteigen krystallinischer Substanzen begleitet, neue Unebenheiten des festen Bodens herbei; Berge stiegen allmälig aus dem Meere herauf und hoben die geschichteten Lagen in ihrer Nähe mit sich, anfangs inselartig das weite Weltmeer durchbrechend. Ihre Entstehung gefährdete das Leben der Organismen; sie kamen um, sei es durch Hitze allein, oder durch ausgehauchte, ihnen schädliche Stoffe, und räumten anderen jüngeren und edleren Gestalten das Feld. Zugleich bot das Vorhandensein neuer krystallinischer Gesteine dem durch frischen Zusatz von heißen Dämpfen und Kohlensäure aus der Tiefe her stärker angefachten Verwitterungsvermögen der Luft und des Wassers neue Nahrung dar; beide nagten in gewohnter Weise an den Gebirgszügen, den Ufern, selbst am Meeresgrunde, und schufen das Material zu neuen Schichten. Als aber jene verderblichen Beimischungen zum Theil verbraucht worden waren, zum Theil selbst in die Organismen, zumal die Kohlensäure in die Pflanzensubstanz, eingingen; da bevölkerte sich das entstandene Land mit neuen organischen Wesen, das Meer erzeugte seine alten Bewohner, wenn auch oft in veränderter Weise 33), wieder, und der Friede herrschte neben der Ruhe so lange fort, bis eine neue Eruption eine neue Umwälzungsperiode veranlaßte. Sie

33) Die Entstehung der Organismen wird später (im 17. Abschnitt) im Allgemeinen besprochen werden, hier scheint nur die Bemerkung am Orte zu sein, daß sich über die spezifische Differenz derselben in den verschiedenen Epochen der Erdbildung zwei von einander abweichende Ansichten geltend machen. Nach der einen Annahme gingen die Geschöpfe der älteren Periode, welche der nächstfolgenden jüngeren fehlen, beim Abschluß der ersteren unter, und statt ihrer entstanden mit den neugegebenen Oertlichkeiten eigenthümliche, durch sie bedingte Arten unmittelbar. Die andere Ansicht läßt nur diejenigen Formen untergehen oder aussterben, welche der folgenden Periode fehlen, d. h. auch nicht einmal durch analoge Arten in ihr vertreten werden; sie erklärt dagegen die theilweis abweichenden analogen Arten dieser späteren Periode für Nachkommen der früheren, deren Eigenthümlichkeiten durch die veränderten Einflüsse der Umgebungen modificirt wurden. Beide Ansichten haben nach meinem Dafürhalten gleiche Berechtigung, insofern sich weder für die eine, noch für die andere, bestimmte Facta aus der historischen Zeit beibringen lassen; ich glaube indeß der ersteren Meinung eine größere Wahrscheinlichkeit zusprechen zu müssen; — eines Theils, weil auch die zweite wirklicher Nachschöpfungen beim Auftreten ganz neuer Formen nicht entbehren kann, anderen Theils, weil sie kein beweisendes Factum aus historischer Zeit für ihre Lehre von der Umbildung einer Species in eine andere bei veränderter Oertlichkeit beizubringen im Stande ist. Nur für die aus einer Periode in die andere hinübergehenden, identischen Arten ist eine wiederholte Schöpfung unwahrscheinlich; ihre Existenz scheint mir zu beweisen, daß wirklich einzelne Individuen sich in den Stürmen einer Erdumwälzungskatastrophe erhielten und ihr Geschlecht in der folgenden Periode weiter fortpflanzten; aber alle Arten von solchen versprengten Resten einer früheren Epoche herleiten zu wollen, halte ich nicht für zulässig. —

tödtete und begrub das Vorhandene, so weit ihre Wirkungen sich erstreckten, und bereitete zugleich anderen, vollkommneren Wesen einen besseren, wenigstens ausgedehnteren Boden. Dies ist der einfache Gang, den in mannigfachen Wiederholungen die Entwickelungsgeschichte des Erdkörpers bis auf unsere Tage hinab genommen hat. —

10.

Folgen aus dieser Theorie. — Neigung der Schichten. — Relatives Alter der Gebirge.

Die Wahrscheinlichkeit einer Hypothese bewährt sich dadurch am besten, daß sie mit allen aus ihr ableitbaren Erscheinungen im Einklange sich befindet und zu Schlüssen und Consequenzen anderer Art führt, welche den durch Erfahrung gewonnenen Thatsachen entsprechen. Wir werden daher nicht anstehen, diese Anforderung auch an unsere Hypothese zu machen, und deshalb zunächst die Lagerungsweise der sedimentären Schichten für sich allein, wie in ihrem Verhältniß zu den krystallinischen Gesteinen, untersuchen. Das Thatsächliche darüber wird uns zeigen, wie weit beide mit den vorgetragenen Ansichten übereinstimmen. —

An jedem geschichteten Erdlager bemerkt man, bei genauerer Untersuchung seiner formellen Beschaffenheit, entweder eine wagrechte Lage der Schichtungsebenen, oder eine geneigte, selbst bis zur senkrechten aufgerichtete. Die erste Lage ergiebt sich uns von selbst als nothwendig, da alle Absätze aus dem Wasser immer gleichmäßig in der Richtung des Erdhalbmessers, wie es die Wirkung der Schwere fordert, geschehen; für die zweite aber liegt die Ursache nicht sogleich am Tage. Nur wenn der Boden, auf den die Schichten niederfielen, ein unebener war, konnte die Oberfläche der Schichtungsebene dieselbe unebene, theilweis ansteigende Form erhalten; nie aber konnte durch eine solche Beschaffenheit der Unterlage auch eine senkrechte Stellung der Schichten bewirkt werden. Um letztere zu erklären, giebt es gar keine andere Annahme, als die einer Aufrichtung aus der horizontalen oder geneigten Stellung, und da eine solche Annahme zugleich viele mit der geneigten Lage verbundene Verhältnisse in den meisten Fällen bei weitem besser erklärt, als der Absatz über unebene Grundlagen, so werden wir schon deshalb der Aufrichtungstheorie den Vorzug ertheilen müssen. Gesetzt nämlich, eine horizontal abgelagerte geschichtete Masse wird durch von unten treibende Kräfte nach einer gewissen Richtung gespalten, und bleibt dann nicht mehr genau in ihrem alten Lagerungsverhältniß, so müssen sich die beiden Ränder der Spalte neben einander verschieben. Die Art dieser Verschiebung kann sehr verschieden sein, besonders wenn man

sie nicht bloß graduell betrachtet; für die Richtung, nach welcher sie erfolgt, giebt es aber nur folgende drei Verhältnisse.

1) Beide Ränder der Spalte werden gehoben.

2) Beide Ränder der Spalte senken sich.

3) Der eine Rand bleibt liegen, der andere hebt oder senkt sich.

Bei genauerer Untersuchung jedes dieser drei Fälle erkennt man bald, daß im ersten die gehobene Stelle einen in der Richtung der Spalte fortlaufenden Höhenzug bilden muß, dessen Gipfel, so lange er noch aus den frischen Bruchflächen besteht, mit der Richtung des Zuges parallel gestreift sein wird, während die Seiten geneigt gegen die Ebene hin abfallen und mit der Horizontalen einen bestimmten Winkel bilden. Diesen Winkel nennt man den Fallwinkel einer Schicht, oder geradezu nach bergmännischer Weise das Fallen; die Richtung indessen, in welcher die Schichten fortgehen, parallel dem Höhenzuge, den sie bilden, ihre Streichungslinie, oder in derselben Weise ihr Streichen. Beide Verhältnisse sind für die genauere Bestimmung aller Schichten von großer Wichtigkeit, insofern nämlich aus dem Fallwinkel sich sogleich die Stärke der Hebung ergiebt, und aus der Streichungslinie die Richtung, nach welcher sie sich ausdehnt. Letztere ist übrigens leicht durch den Fallwinkel zu bestimmen, da es aus dem Verhältniß beider zu einander einleuchten wird, daß die Ebene des Fallwinkels senkrecht gegen die Schichtungsebene liegt, selbige also in der Richtung streicht, in welcher sie gehoben ist, mithin auch die Streichungsrichtung auf der Fallebene senkrecht steht. Hat man den Fallwinkel einer Schicht erkannt, so braucht man nur in einer senkrecht darauf gestellten Ebene fortzugehen, um ihre Streichungsrichtung zu verfolgen; wo sich dann bald zeigen wird, ob dieselbe eine gerade, oder einfach gebogene, oder mehrmals in sich gekrümmte ist; Fälle, die alle sehr gut vorkommen können. Die Möglichkeit einer solchen Differenz der Streichungsrichtung ergiebt sich nämlich sofort aus der Form der Masse, welche die Erhebung der gehobenen Schicht bewirkte. War die hebende Substanz ein gleichmäßig fortsetzender dachförmiger Gebirgszug, so wird die Streichungslinie ziemlich gerade sein müssen; war sie ein isolirter Kegel, so wird sie um ihn einen Kreis beschreiben; war dagegen der hebende Stoff eine Reihe bald dickerer, bald dünnerer, kammartig fortsetzender Zacken, so muß die Streichungslinie je nach der Dicke dieser Zacken, bald nach außen, bald nach innen sich krümmen, also eine Wellenform darstellen. —

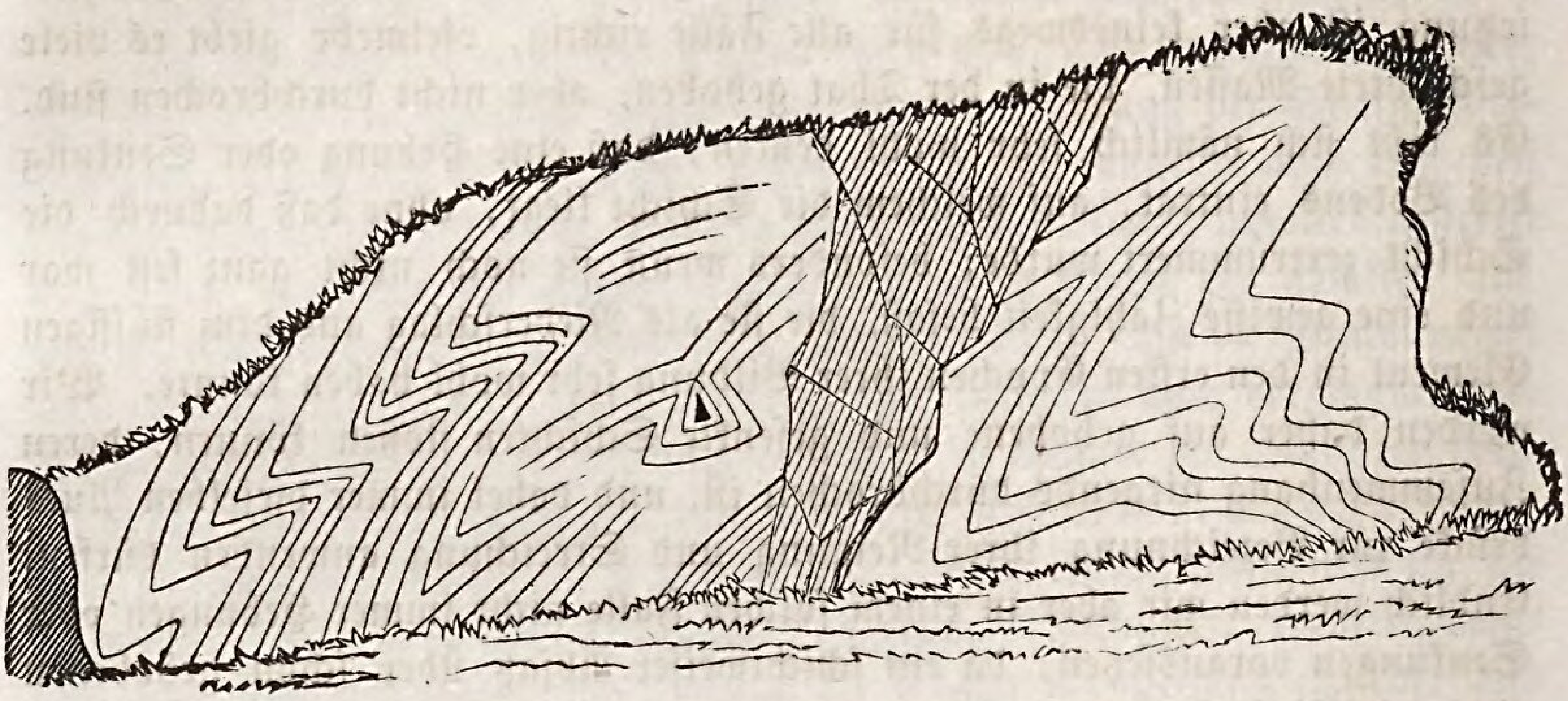
Betrachten wir, nach diesen Erörterungen des ersten Falles, den zweiten Fall der geneigten Schichtung, wo beide Ränder neben der Spalte sich senkten, so wird derselbe sich vom vorigen nur dadurch unterscheiden, daß die Neigungen des Fallens einander zugekehrt sind, während sie bei gehobenen Rändern von einander abstehen. Uebrigens werden sich alle Verhältnisse des Fallens und Streichens hier wiederfinden, und demgemäß dieselben Bezeichnungen sich anwenden lassen. Auch der dritte Fall wird in diesen

Benennungen keine Aenderung hervorbringen; denn an der einen gehobenen oder gesenkten Schicht werden Fallwinkel und Streichungslinie vorkommen müssen, während der horizontalen beide fehlen.

Die drei angenommenen Fälle beruhen übrigens auf der Voraussetzung, daß die Schichten wirklich durchbrochen wurden; diese Voraussetzung ist aber keineswegs für alle Fälle richtig, vielmehr giebt es viele geschichtete Massen, die in der That gehoben, aber nicht durchbrochen sind. Es läßt sich nämlich sehr wohl denken, daß eine Hebung oder Senkung des Bodens eintrat, auf welchem die Schicht liegt, ohne daß dadurch die Schicht zertrümmert wurde; besonders wenn sie noch nicht ganz fest war und eine gewisse Zähigkeit besaß, die sie als Niederschlag aus dem flüssigen Element in den ersten Epochen ihrer Bildung sehr wohl haben konnte. Wir werden daher auf gehobene und gesenkte Schichten stoßen können, deren Zusammenhang nirgends durchbrochen ist, und dabei immer dieselben Ausdrücke zur Bezeichnung ihrer Neigung und Streichung anwenden dürfen. Endlich werden wir aber in einem solchen Falle nicht immer Hebungen oder Senkungen voraussetzen, da ein schichtweiser Absatz über schon gehobenen oder mit Einsenkungen versehenen Unterlagen ziemlich dasselbe Resultat ergeben dürfte. Schichten von solcher Form fordern eine sehr aufmerksame Untersuchung, bevor man ihren wahren Bildungsgang bestimmen kann. —

In allen bisherigen Schilderungen ist die stillschweigende Voraussetzung gemacht worden, daß die einzelnen Schichten eines Gesteines, wie es der allmälige Absatz bei ruhigem Gewässer fordert, regelmäßig auf einander folgen und in ebenen oder leichtgekrümmten Flächen an einander liegen. So verhalten sich in der That die meisten Schichten, aber freilich nicht alle. Manche sind in sich vielfach hin und her gewunden, oder beschreiben sogar Zickzacklinien, die oft in den schärfsten Winkeln an einander stoßen und einzelne Stellen der Schichtungsebene in eine vollkommen schwebende Lage bringen. Ein solches Verhältniß streitet durchaus gegen den allmäligen Niederschlag, und weist auf spätere Verwerfungen und Verrückungen hin. Namentlich läßt sich die Zickzackbiegung und die unregelmäßige Krümmung der Schichten sehr gut durch gleichzeitige Wirkung zweier verschiedenen Kräfte erklären, von denen die eine senkrecht nach unten drückte, während die andere mächtigere einen Druck von zwei gegenüberstehenden Seiten ausübte. Werden weiche, eben nicht sehr elastische Lagen auf solche Weise gedrückt, so krümmen sie sich in sich selbst und heben dadurch die von oben herab drückende Masse. Letztere brauchte nicht gerade fest zu sein, oft war gewiß der Druck desselben Wassers, aus dem die Schichten sich abgesetzt hatten, hinreichend, solche Verschiebungen hervorzubringen, wenn gleichzeitig Erhebungen in parallelen Streichungslinien durch die Schichten hindurch stattfanden, und die emporsteigenden Eruptionsstoffe sie nicht bloß hoben, sondern von den Rändern der Bruchspalten her auch gegen einander schoben. Wie mannigfaltig die Krümmungen auf

solche Weise gebogener und verdrückter Schichten sein können, davon giebt die eingeschaltete Zeichnung der gewundenen Kalkschichten am Wege zur dritten Gypshütte des Sevekenberges bei Quedlinburg eine sehr lehrreiche Ansicht. —



Wenn nun durch diese vollkommen genügende Erklärung die steile und in sich gekrümmte Schichtung als das Produkt hebender Kräfte außer allen Zweifel gesetzt wird, so erscheint auch die einfach geneigte dadurch vollständig erläutert, wenn es gelingt, die aufgerichteten Ränder der Bruchspalte zu entdecken. In der That sind sie in sehr vielen Fällen nicht bloß leicht nachweisbar, sondern auch in allen, wo wir sie finden, der hebenden Masse zugekehrt, wie es sein muß, wenn die Neigung der ganzen Schicht durch Hebung entstand. Kommt nun hinzu, daß stellenweis große Schichtenstücke umgekehrt auf den übrigen liegen, in ihnen also die Reihenfolge der Schichten sich umgekehrt wie in der Hauptschicht verhält, so dürfen wir wohl nicht daran zweifeln, daß auch dies Phänomen von einer Hebung bewirkt wurde, indem sich ein Stück der Schicht neben dem Bruchrande ablöste und nicht bloß steil sich aufrichtete, sondern selbst nach außen überbog, wo es denn nothwendig durch seine eigne Schwere mit umgekehrter Folge seiner Bestandtheile auf die übrigen Schichten niederfallen mußte. —

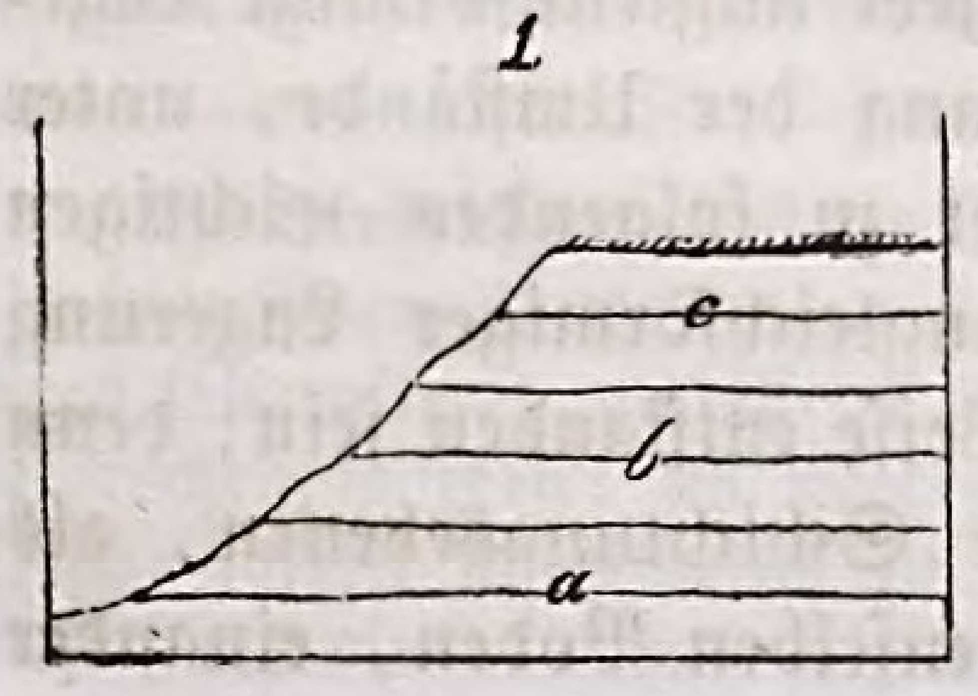
Die Untersuchung der Schichtungsverhältnisse weist uns durch alle mitgetheilten Thatsachen auf wirkliche Erhebungen von unten in früheren Perioden der Erdbildung eben so sehr hin, wie die vulkanischen Phänomene der Gegenwart sie für die jetzige Periode bestätigen; beide rechtfertigen die Annahme analoger Erscheinungen in allen Zeiträumen. Noch mehr aber bewährt sich diese Behauptung durch die Betrachtung des Zusammenhanges, in dem die krystallinischen Massen zu den verworfenen Schichten stehen. Hat der forschende Geognost die hebende krystallinische Felsart, welche selbst aus der Tiefe emporstieg, neben den geschichteten Sedimenten wirklich aufgefunden, so trifft er sie unter den Schichten im Fallwinkel des Lagers und

zwischen seinen Schenkeln an. Er beobachtet weiter, daß, wenn die hebende Substanz über die gehobene hinausragt, die letztere mit einem scharfen Absturz gegen die erstere abfällt und sehr deutlich eine Bruchfläche darstellt, auf welcher die parallelen, concentrischen oder wellenförmigen Linien der Schichtungsflächen neben einander verlaufen. Er nennt diesen je nach der Dicke der gehobenen Schicht bald höheren, bald niedrigern steilen Absturz den widersinnigen, zum Unterschiede von dem in der Richtung des Fallens verlaufenden geneigteren, gleichsinnigen Abhang. Immer ist der widersinnige dem Innern des Gebirges, dem Kamm desselben zugewendet, der gleichsinnige der Ebene und den äußeren Umgebungen. Wie lassen sich solche Verhältnisse anders als durch Erhebungen erklären, und wer kann sie bei solchen Thatsachen noch bezweifeln? — Niemand, dem es um die Erforschung der Wahrheit mehr zu thun ist, als um Festhalten an alterthümlichen Ansichten und vorgefaßten Meinungen. —

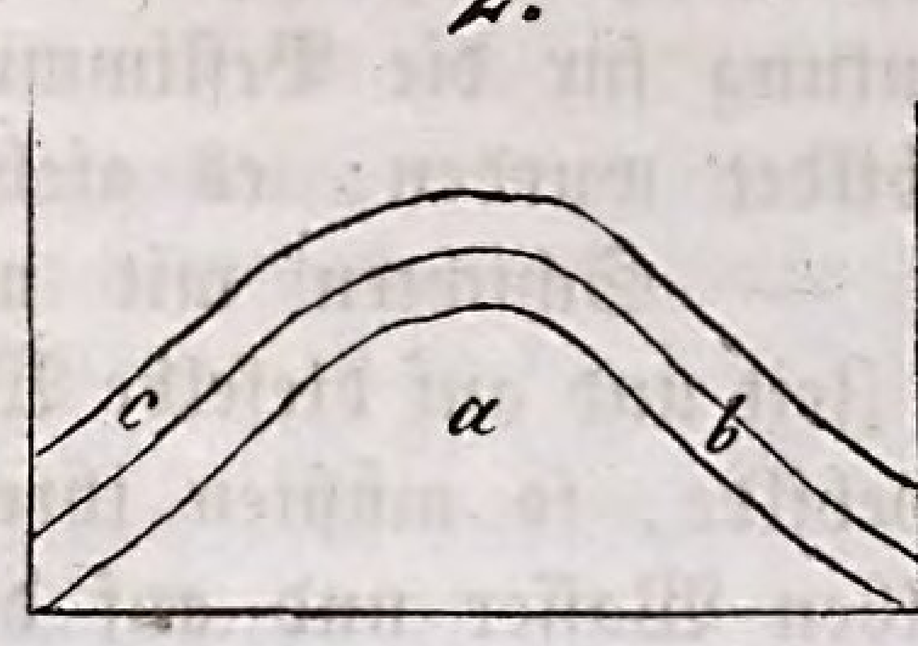
Nicht zufrieden mit dem Resultate, daß alle aus der wagrechten Lage in eine geneigte versetzten Schichten als gehoben oder verworfen anzusehen sind, verfolgen wir vielmehr die aus der Neigung verschiedenartiger Schichten gegen einander zu ziehenden Schlüsse weiter, da sie uns zu noch bedeutenderen Resultaten führen werden. Ehe wir aber dazu schreiten können, müssen einige Erklärungen über die Beziehungen verschiedenartiger Schichten zu einander hier ihre Stelle finden. Es sind das Ausdrücke, welche der Leichtigkeit wegen eingeführt, häufig in Anwendung kommen, an sich aber die Schichtungsverhältnisse nicht weiter erläutern.

Man nennt in der Geognosie die über einer gewissen Schicht befindlichen Lagen das Hangende, die unter ihr befindlichen das Liegende. Die Art und Weise, wie eine Schicht räumlich gestaltet und ausgedehnt ist, bezeichnet man als ihre Lagerung, und unterscheidet folgende sechs auf den beigefügten Durchschnitten erläuterte Hauptarten. — 1. Söhlig heißt jede horizontale, nach allen Himmelsgegenden gleichmäßig ausgedehnte Lagerung. — 2. Sattelförmig ist die Lagerung, deren Schichten von beiden Seiten her zu einer geradlinigen Kante dachartig aufsteigen; diese Kante, gleichsam die Firste des Dachs, nennt man die antiklinische oder Sattellinie. — 3. Muldenförmig werden Schichten genannt, die in concentrischen Krümmungen eine flache Vertiefung ausfüllen. —

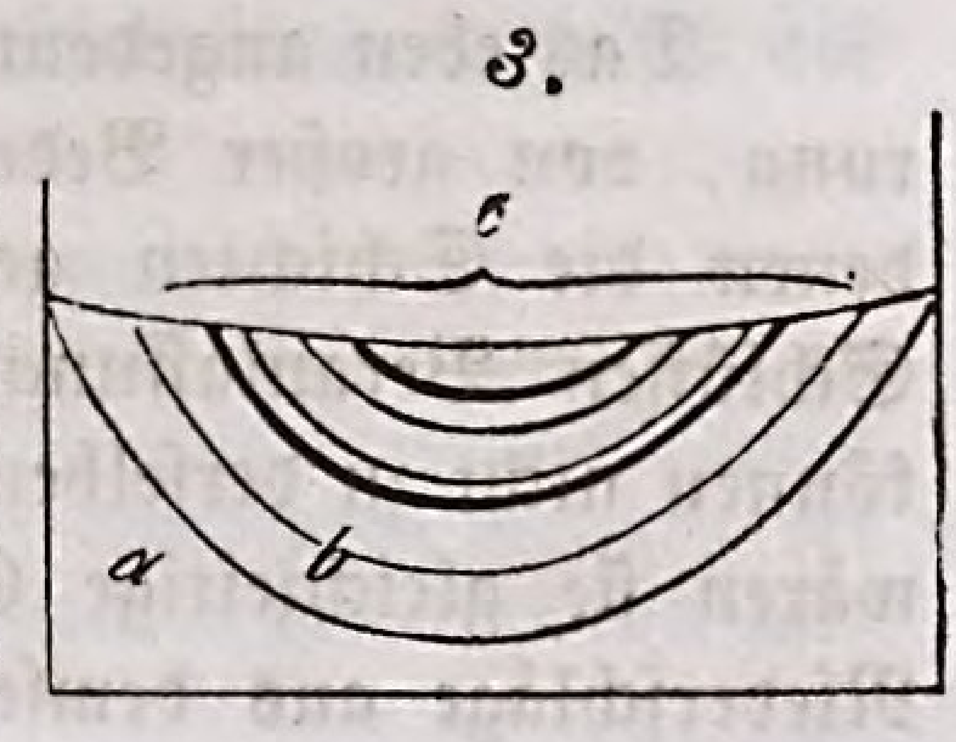
1.



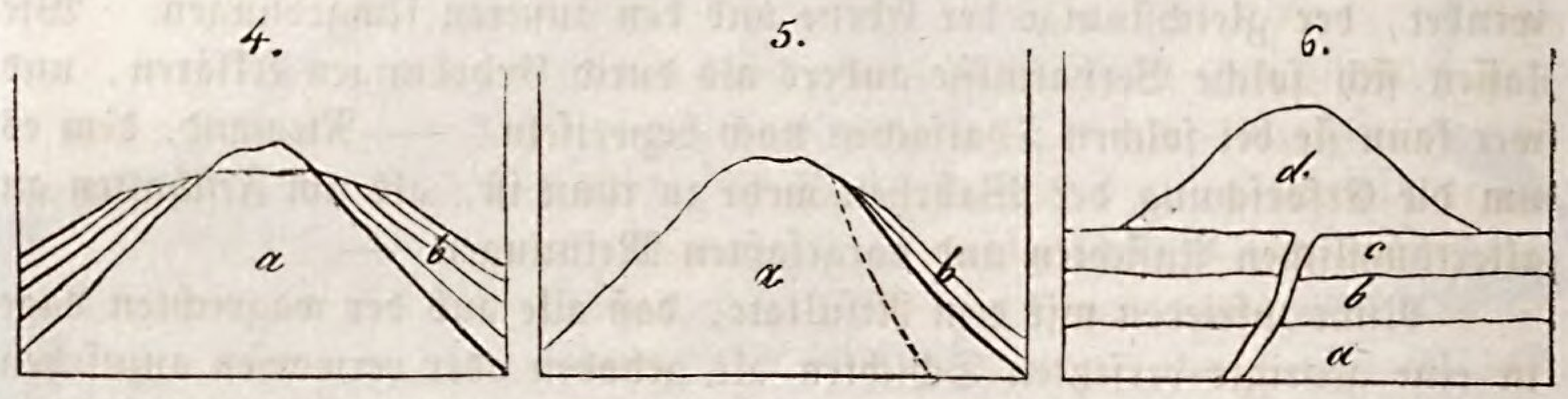
2.



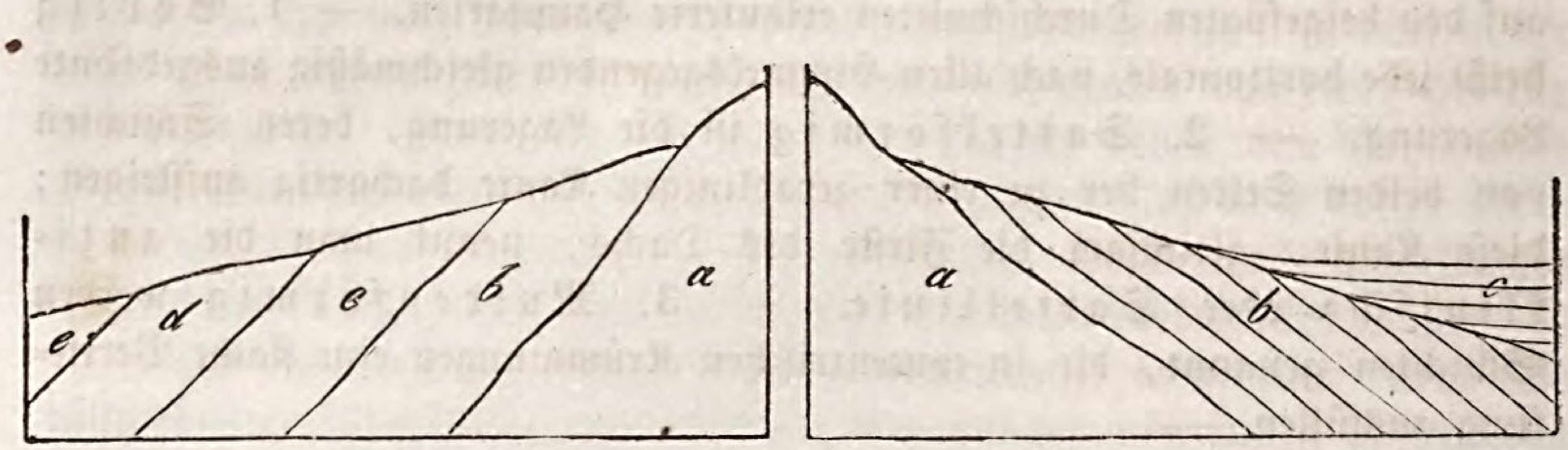
3.



4. M a n t e l f ö r m i g heißen um den Fuß eines Berges von Kegelform herum gelegte, durch ihn in der Regel gehobene Schichten. — 5. S c h i l d f ö r m i g dagegen Schichten, die nur auf die eine Seite eines Kegelberges wie aufgelegt, bloß hier von ihm emporgehoben oder an ihm herabgeflossen sind. — 6. B u c k e l f ö r m i g heißt jede hügel- oder kegelartig aufsteigende Masse, welche sich gleichmäßig nach allen Seiten über die Unterlage ausbreitet. Sie ist Eigenthümlichkeit vulkanischer Emportreibungen, und besteht fast nur aus Basalt oder Trachyt. —



Liegen die Schichtungsebenen verschiedenartiger Massen, z. B. von Kalksteinen und Sandsteinen, mit einander parallel, so heißen sie g l e i c h f ö r m i g g e l a g e r t; schneiden sich ihre Schichtungsflächen unter irgend einem Winkel, so nennt man sie u n g l e i c h f ö r m i g oder a b w e i c h e n d g e l a g e r t; das Ende jeder Schicht, sei es am Bruchrande oder sonst wo, heißt das A u s g e h e n d e, oder im ersten Falle auch wohl ihr K o p f. Von zwei oder mehr Schichten mit ungleicher Lagerung wird die oberste, welche über das Ausgehende oder die gehobenen Köpfe der unteren sich ausbreitete, die ü b e r g r e i f e n d e genannt. Zur Veranschaulichung dieser Unterschiede dient der nachstehende Holzschnitt.



Das eben angedeutete Verhältniß ist, wie jede ungleichförmige Lagerung, von großer Bedeutung für die Bestimmung der Umstände, unter denen die Schichten gebildet wurden; es giebt zu folgenden wichtigen Schlüssen Veranlassung. — Schichten mit ungleichförmiger Lagerung können nicht zu derselben Zeit und auf dieselbe Weise entstanden sein; denn wären sie gleichzeitige Gebilde, so müßten ihre Schichtungsebenen, als Niederschläge aus demselben Wasser und auf denselben Boden, einander

parallel liegen. Jede ungleichförmige Lagerung zeigt daher an, daß zwischen der Bildung ihrer Schichten eine Periode eintrat, wo keine Schichtenmasse mehr niederfiel, und daß während dieser Periode die Lage der unteren Schicht geändert wurde, ehe die obere sich absetzte. Wahrscheinlich gab dieselbe Ursache, welche die untere Schicht emporhob, auch Veranlassung zu einer neuen Epoche im Entwickelungsgange des Erdkörpers, deren Resultat die obere Schicht selbst sein dürfte. Liegt diese obere Schicht noch horizontal, so dürfen wir annehmen, daß sie keine neue Hebung erlitt; liegt sie ebenfalls geneigt, so ist auch sie später gehoben worden; und greift endlich über die gehobenen Köpfe beider eine dritte Schicht fort, so wird sie jünger sein müssen als die vorigen. Auch zwischen ihrer Entstehung und dem Zeitraum, in welchem die zunächst vorhergehende entstand, liegt eine Periode der Unruhe, wo die Schichtenbildung unterbrochen wurde, nachdem die Bestandtheile der älteren aus dem Wasser abgeschieden waren; erst später, als die neue Schichtenmasse abweichend von der früheren sich aufzulagern begann, war anderes Material zur Sedimentbildung durch die inzwischen veränderten Zustände der Erdoberfläche erzeugt worden. Enthalten diese Schichten, die älteren wie die neueren, Reste von abgestorbenen Organismen eingebettet, wenn auch nicht überall, doch in einzelnen Straten, so zeigen sie uns an, daß die Erde in jenen Perioden mit Geschöpfen bevölkert war; und wenn die Reste der Organismen mit den verschieden gelagerten, oder überhaupt nur mit den verschiedenen Schichten sich in ihrer spezifischen Eigenthümlichkeit ändern, so erkennen wir daraus, daß mit dem Eintritt einer neuen Katastrophe die Organisation wenigstens an der Stelle, wo die Umwälzung erfolgte, vernichtet wurde, und eine andere, jüngere, an ihre Stelle trat [1]). Zugleich begreifen wir, wie selbst in verschiedenartigen Schichten sich dieselben Organismen finden können, wenn wir annehmen, daß einzelne Geschöpfe den Stürmen einer Erdumwälzung entgingen und ihr Geschlecht nach denselben in den darauf folgenden Zeiträumen vermehrten. —

Während die eben erörterten Unterschiede in der Lagerung auf verschiedene Bildungsepochen und namentlich auf mehrfache Hebungen hinweisen, sprechen also die in jeder einzelnen Schicht enthaltenen Versteinerungen nur dann für eine wirklich neue Epoche der Erdschöpfung, wenn sie sämmtlich oder größtentheils spezifisch verschiedenen Thieren und Pflanzen angehören. Das ist aber keineswegs immer der Fall, vielmehr erstrecken sich die organischen Reste bisweilen aus einer Schicht in die nächstfolgende, ja selbst bis

---

1) Die Ansicht, daß die Organismen nicht eigentlich untergingen, sondern durch die successiven Aenderungen der Oberflächenverhältnisse unseres Erdkörpers nur in ihren Charakteren modificirt wurden, ist in der letzten Note zum vorigen Abschnitt besprochen worden; ich wiederhole, daß sie mir nach den bestehenden Gesetzen der Organisation unerklärlich zu sein scheint und keine geringeren Schwierigkeiten darbietet, als die Annahme wirklicher Neuschöpfungen. —

in eine dritte hinüber. Wir dürfen daraus schließen, daß die eingetretene Revolution von untergeordneter Bedeutung war, oder einen beschränktern örtlichen Charakter besaß, nicht weit genug um sich griff, um alle Organismen ihres Gebietes zu vernichten. Diese Ansicht ist in Erwägung anderer Fälle, wo keine organische Form aus der vorhergehenden in die folgende Schicht hinübergreift, sehr wohl verstattet; sie rechtfertigt wenigstens die Annahme, daß die Ursachen zwar für alle Revolutionen dieselben sein konnten, nämlich in Erhebungen bestanden, daß aber die Wirkungen je nach der Größe und Ausdehnung der gehobenen Massen sehr verschieden ausfielen.

Auf die angeführten doppelten Charaktere der Lagerung und der in ihren Schichten enthaltenen Organismen gründet sich der Begriff eines Lagerungsganzen, dessen Feststellung, gleich wie die Bezeichnungen der früher erörterten Schichtungsverhältnisse, die Geognosie ihrem eigentlichen Schöpfer und ersten Lehrer: Abrah. Gottf. Werner verdankt. Er verstand unter jenem Ausdruck eine Reihe unmittelbar auf einander folgender Schichten, die unter gleichen Verhältnissen gebildet wurden und, wie wir hinzusetzen müssen, gleichartige Versteinerungen enthalten. In der neueren Zeit ist zwar dieser Begriff geblieben, für seine Bezeichnung wird indeß jetzt gewöhnlich wieder das Wort Formation oder Gruppe in Anwendung gebracht, obwohl sich immer mehr und mehr herauszustellen scheint, daß es gar keine streng abgeschlossenen Perioden der Erdschöpfung, also auch keine scharf gesonderten Formationen giebt, sondern daß vielmehr ein stetiger Fortgang der Ursachen auch fortdauernd ähnliche Wirkungen hervorbrachte, und daß beide bloß dem Grade nach verschieden waren, ihre Unterschiede aber theils hiervon, theils von den längeren oder kürzeren Zeitabschnitten abhängen, in denen sie einander folgten. Dabei scheint es im Allgemeinen richtig zu sein, daß nach einer längeren Ruhe auch eine um so tiefer eingreifende größere Umwälzung eintrat, mithin sehr durchgreifende Unterschiede zwischen den auf einander liegenden Schichten auch längere Pausen und sehr gewaltsame Erhebungen andeuten.

Wenn es nach diesen Thatsachen feststeht, daß wiederholte, in bedeutenden Zwischenräumen erfolgte Hebungen vormals unterirdischer geschmolzener vulkanischer Massen das Erscheinen der Gebirgszüge auf der Erdoberfläche bewirkt haben, und daß durch diese Hebungen auch der Unterschied von Land und Meer, wenn nicht allein, doch größtentheils bedingt ist, so scheint es zunächst eine der interessantesten und wichtigsten Aufgaben der geologischen Untersuchung zu sein, die Zeitpunkte genauer zu bestimmen, in welchen die verschiedenen Hebungen eintraten. Denn daß nicht alle gleichzeitig emporgestiegen sind, davon überzeugen uns eines Theils die vielfachen Successionen differenter Schichten und die in ihnen begrabenen, mehrfach verschiedenen organischen Reste, andern Theils die Betrachtungen der noch in historischer Zeit in sehr verschiedenen Jahren und Jahrhunderten

stattgefundenen Erhebungen von Vulkanen und Inseln. Es wurde deshalb sehr bald das Streben der Beobachter, die verschiedenen Erhebungen nach Perioden zu ordnen. Deutschlands größter Geognost, L. v. Buch, welcher die ganze Lehre von den Erhebungen begründete und wissenschaftlich zuerst darthat, gelangte zu diesem zweiten, eben so wichtigen Resultate noch nicht, sondern blieb bei dem Beweise für die Richtigkeit seiner Ansichten von den Erhebungen stehen, welcher in dem übereinstimmenden Streichen verschiedener Gebirgszüge liegt. Er verfolgte die Darstellung dieses Factums besonders an den deutschen oder mitteleuropäischen Bergketten, und zeigte, daß sich dieselben auf vier Hauptrichtungen zurückführen lassen. Die Richtung von Westen nach Osten wurde besonders deutlich durch die Alpenkette dargestellt, der sich als parallele Reihe das Juragebirge anschließt. Höher hinauf im Norden von Deutschland streicht der Harz von Nordwest nach Südost, und ihm reihen sich in gleicher Richtung das Riesengebirge, die Sudeten und Karpathen an, mit welchen der Teutoburger Wald, der Thüringer Wald und der Böhmer Wald in ziemlich gleicher Neigung gegen die Himmelsstriche parallel laufen. Als einen dritten Hauptzug betrachtete er die Richtung von Norden nach Süden, die wieder zwei Parallelketten bildet, welche der Rhein theils trennt, theils durchbricht; auf der einen Seite streichen die Vogesen, der Hundsrück, Taunus und der Vogelsberg, auf der anderen der Schwarzwald, Odenwald, Spessart und die Rhön; beide an ihren oberen Enden in basaltische Kegel ausgehend, wie bereits früher (S. 103) gezeigt wurde, und mit ihnen die Richtung von Nordwest nach Südost zwischen dem Teutoburger und Thüringer Walde durchbrechend. Endlich die vierte Richtung von Südwest nach Nordost ist weniger deutlich ausgesprochen; sie wird durch die Ardennen, Eifel, das Siebengebirge und rheinische Schiefergebirge dargestellt. Mit ihnen parallel zieht im Innern Deutschlands das Erzgebirge und Fichtelgebirge, wie jenseits Böhmens das mährische Gebirge und die Karpathen. — Vergleicht man mit diesen Richtungen die Streichungslinien der übrigen Gebirge Europas, so findet man allerdings eine ganz überraschende Gleichförmigkeit zwischen ihnen und den genannten; denn die Pyrenäen, Apenninen, die bosnische Bergkette, die Bergzüge Griechenlands und der Kaukasus folgen dem Zuge des Harzes, Riesengebirges und der Karpathen; die Bergreihen Englands, Skandinaviens, Finnlands, des südlichen Frankreichs, Corsikas, Sardiniens haben die Richtung der Vogesen und des Schwarzwaldes; die Balkankette folgt der Alpenkette und dem Atlas. Allein wie interessant diese Beobachtungen auch sein mögen, und wie sehr sie die Ansicht, daß alle Gebirge aus Spalten hervortraten, auch unterstützen, immer würde es eine rein hypothetische Annahme sein, gleichartig streichende Gebirgszüge für gleich alte zu

halten. Es liegen die vier angenommenen Hauptrichtungen, wenn man dabei das Mehr oder Minder ihrer Neigung gegen die vier Himmelsgegenden nicht so genau berücksichtigt, zu sehr in der Zahl der möglichen Richtungen überhaupt begründet, als daß man sich über die Uebereinstimmung aller Hauptgebirgszüge mit der einen oder der andern jener vier Richtungen wundern könnte; denn eigentlich sind ja keine andern möglich, als die rechtwinkeligen oder schiefwinkeligen Verbindungslinien der Himmelsgegenden. Eine solche Betrachtung überzeugte auch diejenigen Forscher, welche von der Annahme eines verschiedenen Alters der Gebirgszüge ausgingen, wohl bald, daß die Richtung ihres Streichens allein darauf einen bestimmenden Einfluß nicht haben könne, und daß andere Thatsachen ermittelt werden müßten, das relative Alter der einzelnen Systeme festzustellen. Und da war es dem glücklichen Genius des französischen Geognosten Elie de Beaumont vorbehalten, den Gedanken zuerst auszusprechen, dessen Verfolgung für die Bestimmung der Reihe, in welcher die einzelnen Gebirgszüge sich nach einander gehoben haben, so wichtig geworden ist, und der wie alle großartigen Wahrheiten, wie die Lehre von den Erhebungen selbst, so nahe liegt, wenn man weiß, worauf es bei Ergründung der Phänomene ankommt. Von der Thatsache ausgehend, daß die geschichteten Niederschläge des Wassers in unabänderlicher Reihe auf einander folgen, aber stellenweis von unten her durch vulkanische Eruptionen zerbrochen und gehoben sind, versteht es sich wohl von selbst, daß nur solche Schichten gehoben werden konnten, die bereits da waren, als der sie hebende Durchbruch erfolgte, diejenigen aber horizontal abgelagert angetroffen werden müssen, welche erst nach dem Durchbruch sich wieder absetzten. Dieser einfache naturgemäße Gedanke wurde von Elie de Beaumont mit großem Erfolg auf die wirklichen Verhältnisse der Gebirge angewendet, und sehr bald in seinem größten Umfang als richtig erkannt. Es ergab sich, daß wahrhaft horizontale Schichten innerhalb der Gebirgszüge entweder gar nicht, oder nur höchst selten in kleinen Erstreckungen als vielleicht abgerissene Bruchstücke und spätere Auflagerungen vorkommen, sondern vorzugsweise die Eigenheiten großer ausgedehnter Ebenen sind. In ihnen findet durchaus nie anders eine Störung dieser regelrechten Gesetzmäßigkeit statt, als wenn isolirte Durchbrüche von vulkanischen Kegeln auch die Ebene stellenweis zertrümmert haben. Nähert man sich dagegen den Gebirgszügen, so beginnen die Schichten aus ihrer horizontalen Lage sich in die geneigte zu versetzen und nach und nach um so mehr aufzusteigen, je mehr sie an das hohe Gebirgsplateau oder den Kamm des Gebirges hinanreichen. In solcher Umgebung, unmittelbar an die massigen ungeschichteten plutonischen oder vulkanischen[2]) Gesteine sich anschließend, stehen sie nicht selten

2) Man hat neuerdings diejenigen krystallinischen auf feurigem Wege gebildeten Gesteine plutonische genannt, welche nicht an noch jetzt thätigen Vulkanen als Bestandtheile angetroffen werden, sondern, wie Granit, Syenit, Diorit, Gabbro,

steil und lothrecht, oder hängen gar nach außen gewendet über in einer Stellung, die dem Umsturze nahe kommt, wenigstens ihn in Aussicht zu stellen scheint. Vielfach in ihren Neigungen verworfen, in ihren Streichungsrichtungen verändert, bieten sie überall im Gebirge die gewaltsamsten Zerrüttungen dar, und gehen nicht selten in eine so vollständige Zertrümmerung über, daß die Einsicht in den wahren Zusammenhang der Gebirgsbestandtheile außerordentlich erschwert, wenn nicht unmöglich gemacht wird. So viel aber scheint festzustehen, daß die hohen Gipfel, die weit ausgedehnten Kämme, selbst manche Plateaus von plutonischen oder vulkanischen Massen herrühren, woran die emporgehobenen, mit einzelnen Punkten sogar noch höher [3]) aufgerichteten neptunischen Schichten, wie untergeordnete, parallele Nebenkämme, sich anschließen; ihre abgerissenen offenen Schichtungsköpfe jenen krystallinischen Centren zuwendend, während ihre geneigten Flächen sanfter gegen die umherliegende Ebene abfallen. Durch tiefe, beim Emporheben entstandene Querspalten sind die Nebenkämme aufs Neue zerrissen und selbst in ihren untersten Lagen bis auf den Grund hinab dem forschenden Auge des Beobachters bloß gelegt. Oben weiter klaffend als unten, bilden die Querspalten offene Pforten, wodurch das an den Kämmen und Gipfeln niedergeschlagene Wasser seinen Weg nimmt, die Trümmermassen der Hochlande mit sich führt, und die Spalten in der Tiefe ausfüllt, bis sie mehr verflacht und mit den Verwitterungsprodukten ihrer eignen Felswände bedeckt, zu Querthälern sich gestalten. Schmale, wenn auch reißende Gießbäche verfolgen fortan in ihnen ihren Lauf, und erreichen durch sie das große, der Streichungslinie des Gebirges parallele Längenthal, welches die vielen gleichartigen Genossen, zum breiteren Flußbette vereint, in die Ebene hinableitet. Auch die Längenthäler

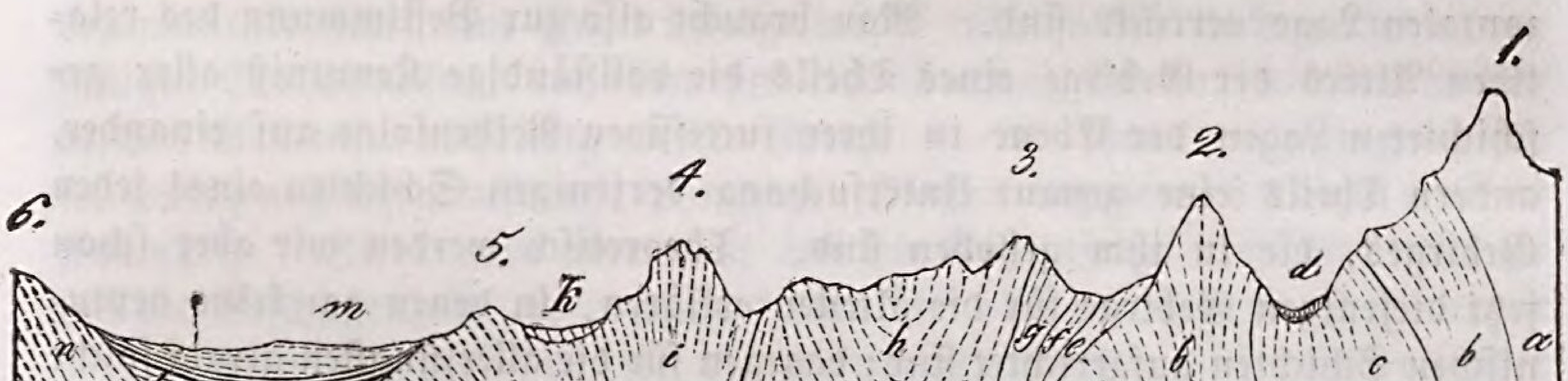
---

Pyroxene und Porphyre, bloß als Massengesteine ganzer Gebirgszüge bekannt sind; vulkanische dagegen die Basalte, Trachyte, Dolerite, Phonolithe, Obsidiane, Bimssteine und alle Laven, welche Vulkane bilden oder von ihnen ausgeworfen werden.

3) Fälle beider Art kommen so häufig vor, daß kaum einer von ihnen als Regel, der andere als Ausnahme angesprochen werden darf. Im Harzgebirge sind die höchsten Punkte, der Brocken mit seinen Umgebungen und der Ramberg, allerdings Granitkuppen (plutonisches Gestein); im Riesengebirge ist zwar der Kern plutonisch, aber die höchste Spitze desselben, die Schneekoppe, besteht aus krystallinischen Schiefern (metamorphischem Gestein). Anders verhalten sich die Hauptalpen; nur der Montblanc und St. Gotthart sind plutonisch, die Gipfel des Berner Oberlandes metamorphisch. In der Andeskette bilden zum Theil rauchende Vulkane die höchsten Punkte der Cordillere von Quito, während nahe ebenso hohe Gipfel derselben Bergkette (vergl. Note 5 S. 105), die Nevada de Sorata und der Illimani, aus Grauwackenschiefern bestehen, welche durch eingeschlossene Trümmer zu beweisen scheinen, daß sie von plutonischem Syenit und Porphyr emporgehoben wurden. Es wird also in jedem Falle von besonderen Umständen abhängen, ob die aufrichtenden pyroxenen Substanzen, oder die aufgerichteten sedimentären Schichten die größte Höhe des Gebirges erreichen. —

sind Spalten, in ähnlicher Weise mit Geröll und Schutt aller Art angefüllt und bis zu einer gewissen Höhe geebnet; aber sie durchsetzen nicht einzelne Schichten gegen ihre Streichungsrichtung, sondern sie laufen ihnen parallel, sie bezeichnen die Lücken oder Einsenkungen zwischen den emporgehobenen Massen, und folgen dem Streichen des ganzen Gebirges, weil sie ursprünglich von den Spalten herrühren, wodurch die plutonischen Stoffe aus der Tiefe emporstiegen. Gewöhnlich in ihnen, oft aber auch in den Querthälern, sammelt sich an gewissen Stellen das Wasser zu Seen an, wenn gerade eine sehr weite Lücke seinem Laufe begegnet und weder die Verwitterungsprodukte, noch die Gerölle hinreichen, sie zu füllen. Die bedeutende Tiefe solcher Gebirgsseen erklärt sich von selbst aus ihrem Ursprunge; es sind weit abwärts klaffende offene Brüche zwischen den emporgehobenen Substanzen, die anfangs selbst zu unergründlicher Tiefe hinabreichen konnten, bis ihre untersten Fugen von den angesammelten Sedimenten verschlossen wurden. — In wenigen, allgemeinen Zügen haben wir dies Bild der Gebirge zu entwerfen gesucht, der mannigfachen lokalen Unterschiede aber nicht weiter gedenken mögen. Gleichmäßig auf die größten, wie auf die kleinsten, auf die Alpen wie Cordilleren passend, zeigt sich freilich bei näherer Betrachtung eine fast überall wiederkehrende Abweichung, die aber ihrer Allgemeinheit wegen nicht Zufall, sondern Regel zu sein scheint. Fast alle größeren Gebirge haben einen ungleichen Abfall nach beiden Seiten; einen ungemein steilen, stellenweis sogar senkrechten, und einen sanfter geneigten, terrassenartig in die Ebene übergehenden. Dort stehen ihre Schichten im Loth, oder hängen über, und breiten sich fächerförmig an ihren Gipfeln aus; hier liegen sie unter spitzeren Winkeln in mehr gleichförmiger, einander paralleler Neigung. Die Erklärung so sonderbarer Phänomene hat nicht lange auf sich warten lassen, nachdem die Erhebung der Gebirge aus Spalten erkannt war; sie hat nachgewiesen, daß an der Seite des steilen Abfalles die Schichten vielleicht weniger emporgehoben als verdrückt wurden, mit ihrer Sohle einsanken, und indem sie auf diese Weise gleichsam festgeklemmt waren, unter dem Druck der empordrängenden plutonischen Stoffe an ihren freien Rändern nach außen sich überbogen; während an der Seite des geneigteren Abhanges nicht bloß eine Hauptspalte, sondern mehrere unter sich parallele Spalten entstanden, aus denen die hebenden Stoffe mit geringeren Störungen zu Tage hervortraten, oder, wenn sie nicht sichtbar sind, was häufig der Fall ist, keine wirklichen Spalten an dieser Seite sich öffneten, sondern nur Hebungen entstanden, wobei die aufgelagerten sedimentären Schichten zerrissen und ungleich mit der einen Seite ihrer abgebrochenen Köpfe emporstiegen, mit der anderen liegen blieben, oder selbst etwas herabsanken. Bei den Alpen neigt sich der steilere Abfall nach Süden, der sanftere nach Norden; die Cordilleren richten jenen nach Westen, diesen nach Osten. Ursachen der angegebenen Art, mit der ungleichen Zahl und

Neigung der Gebirgsterrassen zusammenfallend, ziehen auch die Lage der Hauptkette, welche gewöhnlich die Wasserscheide der Flußgebiete zu bilden pflegt, nach sich, und rücken sie dem Fuße des steilen Abhanges näher als dem des geneigten. Sind nun die höchsten Gipfel, wie gewöhnlich, Theile der Hauptkette unmittelbar, oder liegen sie ihr auch nur nahe, so folgen sie ihr an den Rand des steilen Abfalles und entfernen sich um so mehr von dem geneigten. Daher finden wir die Spitzen der Alpen, den Montblanc, großen Bernhard, Mont Rosa, Simplon, St. Gotthart, Splügen, Ortles u. a. m. näher an den südlichen Rand des Gebirges, bis an die Grenzen von Italien hinangeschoben, während auf der Nordseite die Nebenketten des Berner Oberlandes und der Glarner Alp sich als erste, über einer dem Hauptzuge parallelen Spalte emporgehobene Gebirgsterrasse darstellen, hinter welcher nach und nach ähnliche niedrigere Stufen bis in das Thal der Aar abfallen. Rhone und Rhein durchströmen das große Längenthal zwischen dem parallelen Haupt- und Nebenzuge, dieser nach Nordosten, jene nach Südwesten die entgegengesetzten Richtungen einer gleichen großartigen Vertiefung bezeichnend. Beide füllen, bevor sie die Ebene erreichen, ein bedeutendes Becken mit ihren Wassern, und durchbrechen, aus ihren Seen wieder hervortretend, den Gebirgszug des Jura auf einem gewaltsam gebahnten oder erweiterten Wege. —



a. Granit, b. Gneiß, c. Talkschiefer, e. Hornblendeschiefer, f. Kieselschiefer, g. Grauwacke und Thonschiefer, h. älterer Alpenkalk, i. jüngerer Alpenkalk, k. Grünsand, l. untere Tertiärschichten, m. Molasse, n. Jurakalk.

1. Aiguille du Midi, 12000′; 2. Breven, 8000′; 3. Sallé, 6400′; 4 Molé, 6000′; 5. Salève, 4600′; 6. Jura, 5000′ hoch.

* Thal der Rhone unterhalb Genf. d. Gerölle des Chamonix-Thales.

Diese Betrachtungen, denen zur bessern Verständigung ein Querschnitt durch die Alpen von der Aiguille du Midi im Norden des Montblanc bis hinüber zur Kette des Jura durch das Thal der Rhone unterhalb Genf beigegeben ist, mögen es versuchen, meinen Lesern ein schnell übersichtliches Bild der Verhältnisse zu gewähren, welche die vorgetragenen Ansichten von der Erhebung der Gebirge aus großen Spalten herbeiführen mußten; es reiht sich daran eine nähere Erörterung der Frage, wie es möglich sei, aus den Erhebungen auch die Zeitpunkte, in welchen sie erfolgten, bestimmen

zu können. Dazu trägt eine genaue Kenntniß der neptunischen Schichten das Meiste bei. Gesetzt nämlich, wir steigen auf den geneigten Abhängen eines Gebirges in die Ebene hinunter und stoßen gleich am Fuße desselben auf eine Schicht, die in den Abhängen selbst fehlt, so werden wir annehmen dürfen, daß diese horizontale Schicht der Ebene aus dem Wasser erst niederfiel, als der benachbarte Gebirgszug schon in seiner aufgerichteten Stellung sich befand, mit seinen Ketten und Abhängen über das ihn umgebende Wasser hervorragte und eben deshalb nicht mehr von den neu entstehenden Niederschlägen bedeckt oder überzogen werden konnte. Findet sich dann unter der obersten horizontalen Schicht der Ebene eine zweite, von ihr verschiedene, die ebenfalls in den gehobenen Abhängen des Gebirges fehlt, so folgt auf dieselbe Weise, daß das Gebirge älter ist als beide Schichten, und seine Entstehung ihrem Absatz vorausging. Ist aber die dritte horizontale Schicht der Ebene einerlei mit der äußersten gehobenen an den Abhängen des Gebirges, so erkennen wir daraus die Erhebung des Gebirges aus der Ebene zu einer Zeit, als diese dritte Schicht schon auf ihr lag und aus dem sie damals bedeckenden Wasser bereits abgesetzt war, mithin ein Alter des Bergzuges, welches in den Zeitraum zwischen die zweite und dritte Schicht der Ebene fällt. Das ganze Gebirge, so weit diese dritte Schicht in ihm gehoben erscheint, muß jünger sein als sie selbst, aber älter als die zweite und erste Schicht, mithin auch älter als jedes andere Gebirge, in dem die zweite und erste Schicht gehoben oder aus ihrer horizontalen Lage verrückt sind. Man braucht also zur Bestimmung des relativen Alters der Gebirge eines Theils die vollständige Kenntniß aller geschichteten Lagen der Ebene in ihrer successiven Reihenfolge auf einander, andern Theils eine genaue Untersuchung derjenigen Schichten eines jeden Gebirges, die in ihm gehoben sind. Theoretisch werden wir aber schon jetzt diejenigen Gebirge für die ältesten erklären, in denen gar keine neptunischen Schichten aufgerichtet sind; dagegen für die allerjüngsten gerade solche Gebirgszüge halten, in denen sämmtliche geschichtete Lagen der Ebenen steil stehen oder in ihrer Lagerung verändert wurden. Demnach wird sich das Alter der Gebirge nach der Zahl ihrer verworfenen geschichteten Bestandtheile richten; Gebirge ohne alle Hebung derselben werden älter sein als die neptunischen Produkte, ja älter als die Wasserbedeckung überhaupt, und der Zeitpunkt der Entstehung eines Gebirges wird der Jetztwelt um so näher liegen, je größer die Anzahl seiner gehobenen Schichten ist. —

Die Richtigkeit dieser Behauptungen erhellt zu sehr aus ihnen selber, als daß es nöthig wäre, bei ihrer Erörterung noch länger zu verweilen; wir wenden uns daher zur Altersbestimmung der hauptsächlichsten Gebirge, nachdem wir zuvor die vorzüglichsten hebenden und gehobenen Bestandtheile des Erdkörpers in ihrer Succession auf einander kennen gelernt haben.

11.

Abnorme und normale Gesteine. — Wirkungen der abnormen auf die normalen. — Metamorphismus.

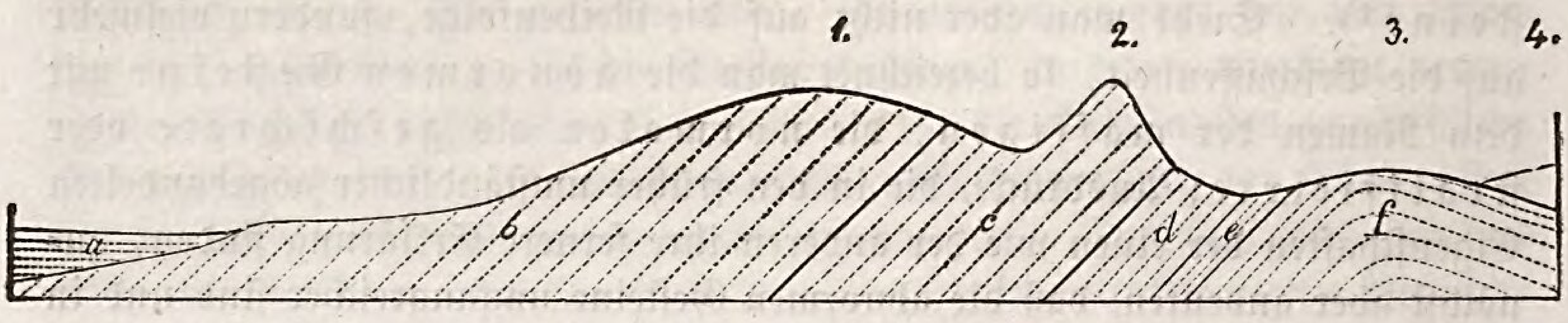
Gehen wir in dieser neuen Betrachtung wieder von den auf feurigem Wege entstandenen Gesteinen aus, so findet sich zwar eine gewisse Altersfolge auch unter ihnen, wenn man die einzelnen Glieder eines Gebirges mit einander vergleicht, aber durchaus keine so bestimmte Succession aller auf einander, wie bei den verschiedenen neptunischen Schichten. Während die letzteren in unabänderlicher, stets gleicher Reihe von unten nach oben auf einander folgen, höchstens stellenweis durch spätere Umkehrungen und Verwerfungen in eine abweichende Lage gebracht; zeigt sich dagegen das vormals feurig-flüssige Gestein an keine bestimmte Altersfolge gebunden, mithin auch in keiner überall wiederkehrenden, gleichartigen Beziehung zu den geschichteten Lagen. So wichtige Unterschiede erregten schon früh die Aufmerksamkeit der Beobachter und führten zu Benennungen, welche noch jetzt, da sie gewisse allgemeine Eigenschaften richtig andeuten, im Gebrauch sind, und zunächst einer Erklärung bedürfen. Wegen der überall gleichartigen Wiederkehr in der Schichtenfolge nennt man die neptunischen Sedimente normale Gesteine; — gleich als ob in ihrer Succession eine bestimmte Absicht, eine Regel befolgt wäre, während sie doch ganz von zufälligen Verhältnissen, von den zur Verwitterung sich darbietenden plutonischen Gesteinen abhängig zu sein scheint; — die ihnen entgegengesetzten, im feurigen Fluß gewesenen, pyrogenen Massen dagegen abnorme Gesteine[1]). Sieht man aber nicht auf die Reihenfolge, sondern vielmehr auf die Beschaffenheit, so bezeichnet man die abnormen Gesteine mit dem Namen der massigen, die normalen als geschichtete oder stratificirte; Ausdrücke, die in den früher umständlicher abgehandelten Eigenschaften der einen wie der anderen ihre fernere Erklärung finden, zunächst aber andeuten, daß die abnormen Gesteine umfangreicher sind und in den mannigfaltigsten, großartigsten, zu isolirten Massen vereinten Formen auftreten; während die geschichteten allermeist minder mächtige Lager oder Straten bilden, und sich mehr in die Länge und Breite, als in die Tiefe[2])

---

1) In Ansehung der Thatsache, daß die abnormen Felsarten ursprünglich in der Tiefe unter den normalen lagen, und von da nach oben durchbrachen, hat man sie auch endogene genannt; die normalen dagegen, welche sich auf der Oberfläche selbst als Niederschlag bildeten, exogene.

2) Nach den Berechnungen glaubhafter Naturforscher beträgt die ganze Dicke der festen Erdrinde durchschnittlich nicht über 50,000 Fuß oder $2^1/_2$ geogr. Meilen. Davon kommen etwa 34,000 Fuß auf die krystallinischen Massengesteine; 10,000′ auf die Uebergangsformation; 5000′ auf die secundären Schichten und 1000′ auf die tertiären jüngsten Lagen. —

auszudehnen pflegen. Geschichtete oder normale Gesteine können nicht ursprünglich isolirte Kegelberge, oder zu Gruppen vereinte Kegelsysteme schaffen, sondern vorzugsweise langgestreckte, wenn auch scharfkantige, Bergrücken oder Züge, deren eine Seite einen steileren Abfall zu haben pflegt, während die andere geneigter in die Ebene übergeht. Auf dem steilen Abhange sieht man die Köpfe der über einander gelagerten Schichten und Schichtungsebenen deutlich, und erkennt Zahl und Folge derselben im Hangenden und Liegenden; auf dem sanfteren Gehänge bleibt man, so lange nicht tiefe Thaleinschnitte dasselbe durchbrechen, immer in derselben obersten Schicht, und gelangt auf ihr zur Ebene, theils, wenn die Hebung älter ist als sie, in eine andere Schicht hier übergehend, theils, wenn sie vor der Hebung des Höhenzuges schon da war, auch dann noch in ihr verbleibend. Auf solche Weise sind in der Regel die niedrigen Höhen des flachen Landes gebildet, entstanden aus einseitigen Hebungen von Spaltenrändern, deren hebende Ursache, das abnorme Gestein, nicht zu Tage kam, sondern mit der Ausweitung sich begnügte, welche durch die bloße Verwerfung der Straten über ihm bewirkt worden war. Als treffliches Beispiel einer einseitigen Hebung ohne Hervortreten von abnormen Gesteinen in unserm Vaterlande dient der auch historisch so denkwürdige Teutoburger Wald, ein schmaler in seiner Hauptrichtung von SSO nach NNW streichender dreifacher Bergrücken von mehr als 1000 Fuß Meereshöhe, dessen nördliche niedrigste Kette aus dem meist sattelförmig gehobenen Muschelkalk besteht, woran sich südwärts schmale Keuper- und Juraschichten lehnen, über welche der hoch aufgerichtete Quadersandstein als zweite und die Kreide als dritte südliche Kette sich erheben.



a. Alluvium, b. Kreide, c. Quadersandstein, d. Lias und Jura, e. Keuper, f. Muschelkalk.
1. Barnacken, 1396′; 2. Velmer-Stoot, 1441′; 3. Sattel des Muschelkalks; 4. Bellen-Berg bei Meinberg.

Im hier verzeichneten Querschnitt, nach dem Verhältniß der Höhe zur Länge von 5 zu 1 entworfen, sehen wir den Quadersandstein (c) des Velmer-Stoots (2) südlich von Horn, des höchsten Berges im ganzen Teutoburger Walde, mit ungestörter Schichtung dem Jura (d), Keuper (e) und Muschelkalk (f) aufliegen; aber weiter nach Nordwest, bei Oerlinghausen und Bielefeld, kehrt sich die Reihenfolge um, so daß deutlich Muschelkalk auf Keuper und dieser auf Quadersand ruht; wahrscheinlich, wie

Fr. Hoffmann meint, weil das ganze Gebirge aus einer Spalte emporgehoben und dabei nach Südwest überstürzend in seine jetzige widernatürliche Stellung versetzt wurde. —

Wir wollen indeß dem Stufengange der neptunischen Schichten hier noch nicht unsere Aufmerksamkeit schenken, sondern zuvörderst bei einer nähern Untersuchung derjenigen Verhältnisse stehen bleiben, die den Namen abnorme Gesteine für die massigen besonders hervorriefen. Schon früher (S. 156) haben wir beiläufig eines Unterschiedes derselben gedacht, den die Bezeichnungen von plutonisch und vulkanisch angeben. Er war bedingt in dem Auftreten gewisser abnormer Gesteine an noch jetzt thätigen Vulkanen (weshalb sie eben vulkanische heißen), und in dem Mangel von anderen massigen Felsarten an thätigen wie erloschenen Vulkanen, bei übrigens entschieden feurig-flüssigem Ursprunge; ein Charakter, der zu ihrer Bezeichnung als plutonische Veranlassung gab. Hier drängt sich nun die Frage auf, ob nicht diese Unterschiede auch zugleich Altersverschiedenheiten andeuten, und von einer ähnlichen Reihenfolge der abnormen Gesteine, wenn auch nicht unter den normalen oder stratificirten, doch wenigstens unter sich Zeugniß ablegen. Allerdings scheinen Beziehungen solcher Art zwischen den abnormen Gesteinen stattzufinden; schon deshalb, weil alle thätigen Vulkane jünger sind, als die Hebungen der Gebirgszüge, die letzteren aber allein oder vorzugsweise von plutonischem, seltener und gewöhnlich nur bei kleineren Gebirgen von vulkanischem Massengestein ausgeführt wurden. Wir werden aus diesen und anderen Gründen die vulkanischen Gesteine für jünger halten als die plutonischen, zunächst aber ihre Unterschiede ausführlicher besprechen. —

Im neunten Abschnitt (S. 132) haben wir die Bestandtheile derselben kennen gelernt, als wir die chemischen Verbindungen im Silicatenmantel untersuchten; wir haben damals erfahren, daß Quarz, Feldspath in drei Formen als Orthoklas, Albit und Labrador, demnächst Glimmer, Hornblende, Augit und Olivin in mannigfacher Mischung unter einander die Mineralien sind, aus denen die vulkanischen und plutonischen Gesteine bestehen. Wir brauchen hier bei Erörterung dieser Stoffe nicht weiter zu verweilen [3]), sondern können unsere Aufmerk-

---

3) Der leichteren Uebersicht wegen sollen die Unterschiede jener Mineralien noch einmal kurz zusammengestellt werden. Sie sind nämlich:

A. Reine Kieselerde oder Quarz.

B. Kieselsaure Doppelsalze, bestehend:

a) Vorzugsweise aus kieselsaurer Thonerde, welche verbunden ist:

1. Mit kieselsaurem Kali; woraus entstehen: Orthoklas und Glimmer, letzterer, wenn viermal mehr Thonerde und $1/3$ mehr Kieselerde in der Mischung enthalten ist, als bei ersterem.
2. Mit kieselsaurem Natron zu Albit.
3. Mit kieselsaurem Kalk und etwas Natron zu Labrador.

samkeit sofort anderen Eigenschaften zuwenden. Unsere nächste Aufgabe mag es sein, die Unterschiede der plutonischen und vulkanischen Felsarten schärfer hervorzuheben. —

Mit den ersteren beginnend merken wir uns als äußeren Hauptcharakter derselben die Eigenschaft, daß stets ihre einzelnen Bestandtheile ein größer massiges Gefüge besitzen, mithin sich leicht von einander unterscheiden lassen. Früheren Mittheilungen (S. 62) zufolge wissen wir uns diese Beschaffenheit schon zu erklären, wir schließen aus ihr, daß die Gesteine sehr langsam erkalteten, weil die einzelnen Materien Zeit genug hatten, sich in größeren Quantitäten zu einander zu finden und krystallinisch sich auszubilden. Allein eine nähere Betrachtung ergiebt doch für die räumliche Isolation der Mischungsglieder sehr wesentliche Unterschiede; denn bald sind sie sämmtlich gleich vollständig krystallisirt, bald ist die Grundmasse sehr feinkörnig, fast erdig, und in ihr treten nur einzelne größere Krystalle auf. Danach unterscheiden wir zwei Hauptarten von plutonischen Gesteinen, welche wir granitische und porphyrige nennen werden. Auch diese Benennungen müssen uns bekannt klingen; wir haben sie schon früher bei den Laven (S. 55) in ähnlicher Bedeutung angewendet, als wir nach der Größe des Korns der krystallisirten Bestandtheile Granitlaven, Porphyrlaven, Basaltlaven und erdige Laven unterschieden. So wie es damals bloße Formunterschiede, keine Massenverschiedenheiten waren, welche uns zur Feststellung der Differenzen veranlaßten, so ist es auch hier bloß die Art der räumlichen Isolation, wovon wir die Unterschiede der plutonischen Massengesteine herleiten. —

Auf die granitischen Felsarten zuvörderst näher eingehend, finden wir, daß bei schärferer Prüfung ihrer Bestandtheile sich bald wieder zwei Hauptarten herausstellen, je nachdem neben Alkalifeldspath (Orthoklas oder Albit) Quarz, Glimmer und Hornblende auftreten, oder neben Kalkfeldspath (Labrador) Augit, Diallag und Hypersthen; erstere wollen wir Quarzgesteine, letztere Augitgesteine nennen. —

Die gewöhnlichste Art der granitischen Quarzgesteine ist der eigentliche Granit, ein Gemisch von hellrothem oder weißlichem Orthoklas, bräunlichem Glimmer und wasserklarem Quarz, von denen der Feldspath entschieden vorwaltet, mithin dem Ganzen seine helle röthliche oder

---

b) Vorzugsweise aus kieselsaurer Talkerde, die sich verbindet:

1. Mit kieselsaurer Kalkerde und Eisenoxydul.
Es entsteht Hornblende, wenn Kieselsäure überschüssig vorhanden ist; Augit und Olivin, wenn der Ueberschuß fehlt: im erstern (Augit) enthalten die Basen halb so viel Sauerstoff, als die Kieselsäure, im letztern (Olivin) eben so viel.
2. Mit kieselsaurer Thonerde und Eisenoxydul, als Chlorit, dessen Mischung noch Wasser enthält.
3. Bloß mit kieselsaurem Eisenoxydul zu Talk, welcher gleich dem vorigen meistens als schieferiges Gestein aufzutreten pflegt.

weißliche Farbe ertheilt, wodurch sich der Granit leicht von den schwarzgefleckten Augitgesteinen unterscheidet. Er ist Hauptbestandtheil der meisten und größeren Gebirgszüge, gleichsam das Gerüst, woran die übrigen Felsarten sich anlegen, und bildet großmassige Berge mit abgerundeten, aber unebenen Oberflächen, die zertrümmert und mit scharfkantigen Blöcken bedeckt zu sein pflegen. Häufig passen die Blöcke mit ihren Ecken und Kanten noch an einander, und liegen so gleichförmig gelagert da, daß sie weniger einem unordentlichen Trümmerhaufen, als den Bruchstücken einer schaalenförmigen äußersten Schicht gleichen, die durch Berstung in viele einzelne Brocken zerfiel. In dieser Form bilden sie die Felsenmeere oder Teufelsmühlen unserer deutschen Hochgebirge, und scheinen nichts als die Bruchstücke der äußeren, durch Zusammenziehung bei fortschreitender Erkaltung entstandenen, concentrischen Absonderungsschichten zu sein, worin die kuppelförmig aus der Tiefe emporgehobene Granitmasse nach und nach sich spaltete. Reibungen, selbst Schleifungen, welche man an den Oberflächen der sich berührenden Schaalen wahrnimmt, scheinen anzudeuten, daß noch lange nach ihrer Ablösung Verschiebungen der Schaalen gegen einander stattfanden, und die Politur ihrer Berührungsflächen bewirkten. Bis tief ins Innere des Granits gehen die Schaalenabsonderungen hinab, und zeigen auch dort noch deutlich ihre Reibungsflächen. Nicht leicht gedeiht die höhere Pflanzenwelt üppig auf dem Rücken dieser Granitdome, so lange noch keine Verwitterung eingetreten ist; vielmehr bekleiden dürre Flechten und Moose sparsam ihre Wände, nur hie und da in Vertiefungen und an Quellenrändern zu einem bessern Wachsthum gelangend. Ihr Inneres ist in der Regel neben den vielen parallelen oder concentrisch gebogenen Ablösungsflächen auch senkrecht zerklüftet, und dann treten scharfe Felswände, spitze Säulen oder Zacken am Granit hervor, und geben seinen Gebirgen ein malerisches Ansehen.

Die Roßtrappe des Harzes, in deren Kessel wir auf dem Bilde hier hinabblicken, zeigt uns eine solche wilde Bergschlucht von besonderer weit bekannter Schönheit. Scharf und eckig steigen ihre Felsengrate, abwechselnd in einander greifend, aus dem düstern Grund empor, und spalten sich auf den Kanten in zahlreiche einzelne Spitzen; während die durch Querklüfte geformten Abschnitte, von der Verwitterung überall angenagt, nur noch theilweise Unterstützung finden, und den schwankenden Steinen (S. 43) ähnlich, jeden Augenblick herunterzustürzen drohen. Weiter oben auf den Höhen, da wo sich die Kämme in Flächen ausbreiten, wuchert frei die emsige, üppig grüne Pflanzenwelt, zumal die schlankstämmige Buche; aber unten im kühlen Schlunde braust die schäumende Bode dahin, mit ihren ewig wechselnden Wasserstürzen, obgleich laut rauschend, doch nur sanft zu uns heraufmurmelnd. — In der Tiefe, durch Bergbau aufgeschlossen, pflegen die Spalten des Granits zu klaffen, und mit ähnlichen Gesteinen oder Gangtrümmern erfüllt zu sein; aber als geflossene Masse über ältere For-



mationen weggreifend kommt der Granit kaum vor; dagegen beobachtet man öfters ein gangförmiges Eindringen in seine Umgebungen, das größtentheils in den älteren neptunischen Schichten wahrgenommen wird, in jüngeren Gliedern der Flötzperiode der Regel nach fehlt. Hieraus ist mit Bestimmtheit zu ersehen, daß die ältesten stratificirten Niederschläge schon abgesetzt waren, als der Granit unter ihnen, wenn auch nicht völlig, doch theilweis, noch im flüssigen Zustande sich befand, und als weiche Masse emporgetrieben, in die Spalten der auf ihm liegenden durchbrochenen Schichten eindrang. Aber isolirt stehende Kegelberge mit vertieftem Gipfel, nach Art der Vulkane, bildet er nie; denn zur Zeit der vulkanischen Eruptionen war der Granit wohl vollständig starr geworden. —

Alles, was soeben vom Granit gesagt wurde, gilt auch vom Syenit[4]), der sich überhaupt nur dadurch von jenem unterscheidet, daß er statt Glimmer und Quarz Hornblende enthält. Wegen der schwarzbraunen Farbe dieses Minerals pflegt er dunkler zu sein, meist rothbraun; allein homogen wird auch er nie, da seine Bestandtheile nicht minder großmassig abgesondert neben einander auftreten, als die des Granits. Nicht selten mischt sich

4) Die Benennungen Granit und Syenit bezeichnen durchaus keine Bildungseigenschaften der Gesteine, welche sie führen; denn Granit kommt von dem lateinischen Worte granum (Korn), und zeigt die krystallinisch körnige Beschaffenheit an; Syenit ist von der Stadt Syene in Oberägypten hergeleitet, woselbst die Alten dies Gestein vorzugsweise brachen.

noch Quarz den anderen beiden Bestandtheilen zu, und wenn nun in demselben Maße die Hornblende abnimmt, zugleich aber noch Glimmer mit auftritt, was keineswegs selten ist, so schwindet der Unterschied zwischen Granit und Syenit völlig; aus beiden wird einerlei Substanz, wofür man sie übrigens, ihrem geologischen Verhalten nach, durchaus zu nehmen hat.

Selbstständiger steht als dritte Art der granitischen Quarzgesteine der Grünstein oder Diorit da, ein Gemisch von weißem oder hellgrünem Albit mit dunkelbrauner oder schwarzgrüner Hornblende, welches dieser beiden Bestandtheile halber aus der Ferne hellgrau oder grünlichgrau zu erscheinen pflegt, übrigens aber noch deutlich die zwei verschiedenen, räumlich abgesonderten Bestandtheile verräth. Auch in ihm finden sich bisweilen Quarz und Glimmer, wie im Syenit, allein minder häufig. Mitunter werden seine Bestandtheile feinkörniger, und dann bedarf es schon der näheren Untersuchung, um sie einzeln zu unterscheiden. Diese dunkleren Diorite nennt man vorzugsweise Grünstein. In der Art seines Vorkommens schließt sich der Diorit mehr an den Syenit an; beide sind nicht so allgemein verbreitet, wie der Granit, und brechen selbst an ihren Lagerstätten nie so mächtig hervor, wie dieses häufigste aller plutonischen Gesteine.

Durch den Diorit gehen dem äußern Ansehen nach die granitischen Quarzgesteine in die granitischen Augitgesteine oder Pyroxene über; beide haben ein gleiches Gefüge und lassen sich nur bei scharfer mineralogischer Untersuchung daran unterscheiden, daß der Feldspath der Pyroxene stets Labrador ist. Sie werden von manchen Geognosten unter dem allgemeinen Namen Trapp um so eher in eine Kategorie gestellt, als neben dem äußern Ansehen auch die Art ihres Vorkommens dieselbe zu sein pflegt. In dieser Beziehung sind die Pyroxene an geringerer Mächtigkeit, an isolirterem, gang- oder stockartigem Auftreten, überhaupt an ihren kleineren Räumlichkeiten alsbald von den massenhaften Graniten und selbst vom Syenit, der auch mächtiger angetroffen wird, gut zu unterscheiden. Sie bilden nicht leicht weder ganze Gebirgszüge, noch große Gebirgskämme; sondern erscheinen in der Regel nur als einzelne Kuppen, kleinere Kämme, aufsteigende Wälle oder Zackenreihen im Gebirge, die in der Tiefe zusammenhängen mögen, an der Oberfläche aber getrennt zu sein pflegen. Für ihre Mischung ist es charakteristisch, daß neben Labrador stets sehr metallreiche Talksilicate von dunkelbrauner, schwarzer, oder grünlicher Farbe auftreten, die bald Augit sind, bald Diallag oder Hypersthen: zwei durch den fast völligen Mangel der Kalkerde vom Augit abweichende Talksilicate, von denen das erstere Wasser in seine Mischung aufgenommen hat, das andere etwas Thonerde. Aus einem Gemenge von Diallag und Labrador entsteht der Gabbro oder Euphotid, ein Gemisch von Hypersthen und Labrador bildet den Diabas oder Hypersthenfels, worin gewöhnlich noch Chlorit enthalten zu sein pflegt. Eine feinkörnige Vereinigung dieser Stoffe nennen manche Geognosten Serpen-

tin, während Andere darunter eine ähnliche Mischung des Euphotids verstehen[5]). Das weiche milde Gefüge, das fettige Anfühlen, die graugrüne Farbe, bedingen seine Benutzung zu allerhand Geräthschaften, und machen den Serpentin zu einem allgemein bekannten Gestein. —

Dies wären die wichtigsten granitischen Felsarten; wir reihen daran eine ähnliche Schilderung der porphyrartigen. Porphyr nennt man jedes massige Gestein, welches in einer dichten, fast homogenen, matten, derben Grundmasse isolirte, vollständig entwickelte Krystalle derselben Stoffe, aus denen das Bindemittel besteht, umschließt. Die Grundmasse ist stets feldspathhaltig, und dabei entweder mit Quarz, oder mit Augit vermengt, wonach man, wie unter den granitischen Gesteinen, Quarz- und Augit-Porphyre unterscheidet. Bei den Quarzporphyren bildet ein inniges, gewöhnlich rothbraun gefärbtes Gemenge von Kieselerde mit etwas Eisenoxyd und feinkörnigem derben Feldspath, welches in diesem Zustande den Namen Feldstein führt, die Grundmasse[6]). Die darin liegenden Krystalle sind theils reine, schön ausgebildete Feldspathe (Orthoklas oder Oligoklas) und Quarz, wenn die Grundmasse ebenfalls aus diesen Feldspatharten besteht (Feldsteinporphyr); theils Albit- und Hornblendekrystalle, wenn auch die Grundmasse Albit statt Orthoklas und Oligoklas enthält (Grünstein oder Dioritporphyr). In anderen Fällen sind die Feldspath- und Quarzmassen gar nicht gesondert, vielmehr in eine homogene grauliche Felsart mit splittrigem Bruch vereinigt, worin nur sehr einzelne Feldspathkrystalle auftreten. Ein solches inniges Gemenge von vielem Quarz und Feldspath nennt man Hornstein, weil es die grauliche Farbe angeschnittenen Horns besitzt, den Porphyr also Hornsteinporphyr. Verschieden davon ist der Hornfels, eine dunkler gefärbte braungraue Mischung von Feldspath, Quarz und Schörl oder Turmalin, deren Entstehung man dem später besprochenen Metamorphismus zuschreibt. In den Augitporphyren findet sich als Grundmasse ein inniges Gemenge von Labrador und Augit, dunkel schwarzgrau gefärbt, wie die Basalte, aber in der Regel feiner gefügt und noch schwärzer. Darin liegen isolirte Krystalle derselben Mineralien. Das dunkle Ansehen dieses Porphyrs hat zu dem passenden Namen Melaphyr Veranlassung gegeben. Beide Felsarten, die lichten rothbraunen Quarzporphyre und die schwarzen Augitporphyre, verhalten sich also zu einander, wie Granit, Syenit

---

5) Von diesen gemengten, als Gebirgsmasse auftretenden Serpentinen sind die Serpentinkrystalle zu unterscheiden, welche man besonders in Schweden findet und edlen Serpentin genannt hat. Sie scheinen als ein eigenthümliches Mineral, als eine Verbindung von kieselsaurer Talkerde mit gewässerter Talkerde, angesehen werden zu müssen.

6) Ich beziehe mich bei diesen Angaben auf die genaue chemische Analyse des Halleschen Porphyrs von E. Wolff in Erdmann's und Marchand's Journal für prakt. Chemie. Bd. 34. S. 193 u. 412.

und Diorit zu den Pyroxenen, und dieser augenfällige Parallelismus der Gemengtheile scheint eben so sicheren geologischen Beziehungen zu entsprechen. Denn auch unter den Porphyren sind die hellrothen quarzreichen Feldsteinporphyre die mächtigeren, die schwarzen Augitporphyre die weniger massenhaften. Jene bilden nach Art des Granits abgerundete kuppige Berge oder Züge, deren Oberfläche eine nur dürftige Vegetation trägt, und deren Inneres zwar mannigfaltig, aber nie so regelmäßig und deutlich von Klüften zerrissen ist; daher Porphyre keine so malerischen Formen gewähren. — Bald treten sie isolirt auf, wie die Porphyre der Halleschen Gegend, deren buckelige Formen aus der beigefügten Abbildung 7) ersehen werden können; bald stehen sie in naher Beziehung zum



Granit, wie am Thüringer Walde, im sächsischen Voigtlande, in Tyrol und in der Auvergne. Die Melaphyre erscheinen dagegen in kleinerem Umfange, meistens als Begleiter der rothen Porphyre, allein gewöhnlich nur neben ihnen, sie durchsetzend oder durchbrechend. Mit Grund hält man sie deshalb für spätere Gebilde, die den Quarzporphyren

---

7) Sie stellt den Durchbruch der Saale durch die Porphyrfelsen nordwestlich von Halle vor. Im Vordergrunde sieht man den Giebichensteiner Felsen mit den Fundamenten der alten Veste auf seiner Spitze; gegenüber liegt ein Theil des Dorfes Cröllwitz, hinter dem sich Porphyrkuppen erheben. In der Mitte drängen sich die Trothaer Felsen vor, an deren Fuße die Saale unmittelbar hinfließt. Alle drei Gruppen gehören dem sogenannten jüngeren Porphyr über den Steinkohlen an; die Schlucht vor dem Giebichensteiner Felsen trennt ihn von dem südlich gelegenen älteren Porphyr. Unter ihr zieht sich die Steinkohlenformation hin und steht weiter aufwärts im Thale wenige Fuß tief schon an.

nachfolgten, sie zum Theil zertrümmerten und vielleicht früher vor sich her trieben. Indeß stammen auch die rothen Porphyre, gleich den Graniten, nicht alle aus derselben Zeitepoche; manche sind schon Begleiter der Steinkohlenformation, andere entschieden jünger [8]). Diese Periode scheint jedoch der eigentliche Zeitraum ihrer Erhebung gewesen zu sein; sie finden sich daher gern in der Nähe der Steinkohlenschichten, die zum Theil auf ihnen ruhen, zum Theil von ihnen überfluthet wurden, wie sich dies namentlich in der Nähe von Halle nachweisen läßt. Auch die Melaphyre sind von verschiedenem Alter, aber ein constanter Zeitraum lag zwischen ihrem Emportreten und der Hebung des rothen Porphyrs wohl nicht. —

Kommen wir nun zu den vulkanischen Gesteinen, so bestimmen wir uns zunächst ihren Begriff nicht bloß darnach, daß nur sie thätige oder erloschene Vulkane zu bilden pflegen, sondern wieder nach ihrem Gefüge, dessen Wesenheit in einem gleichmäßig feinen Korn, meist ohne Einlagerung größerer isolirter Krystalle besteht. Man kann daher sagen, daß der Charakter vulkanischer Felsarten mit den Eigenschaften des Bindemittels der Porphyre harmonirt, während die granitischen Felsarten das Gefüge der im Porphyr ausgeschiedenen Krystalle an sich tragen. Der Porphyr steht dadurch zwischen den plutonischen Granitgesteinen und den vulkanischen Materien in der Mitte; eine Stellung, die er in der That nicht bloß dem Gefüge nach, sondern auch dem relativen Alter zufolge einnehmen dürfte. Die Feinheit des Korns läßt sich übrigens an den vulkanischen Produkten eben so leicht erklären, wie die großmassige Absonderung der plutonischen; sie ist ebenfalls Folge der Erkaltung, und zwar der schnelleren, bedingt eines Theils durch die größere Abkühlung der Atmosphäre zur Zeit, als sie hervorbrachen, andern Theils durch die geringere räumliche Ausdehnung der Massen, mit denen sie auftreten. Der Porphyr hält selbst in dieser Hinsicht die Mitte, und hat ebendeshalb eine doppelte Struktur seiner Bestandtheile; einzelne Stellen in ihm fanden zur vollständigen Krystallisation bei langsamer Erstarrung Gelegenheit, aber die größere Masse blieb in feinkörnig krystallinischer Ausbildung stehen, als das Ganze fest ward und dadurch den ungehinderten Zutritt der Stoffe zu einander aufhob. Es erklärt sich die Form nicht sowohl aus der Mischung, welche überall nach gleichen Gesetzen bestimmt ähnlich wiederkehrt, sondern aus gewissen

---

8) Nach den Untersuchungen von H. Credner (Uebers. d. geogn. Verhältn. Thüringens u. d. Harzes. Gotha 1843. 8.) gehören die mächtigen Quarzporphyre des Thüringer Waldes sechs verschiedenen Hauptformen an, deren Erhebungsepoche in den Zeitraum von der Steinkohlenformation bis zur Ablagerung des bunten Sandsteins reicht. Die Melaphyre derselben Gegend sind größtentheils in die Periode des Rothliegenden zu versetzen und jedenfalls älter als der Zechstein; sie durchbrechen die älteren Porphyre zwar an mehreren Stellen, allein werden andererseits vom jüngsten Porphyr, der dem Zeitraum des bunten Sandsteins anzugehören scheint, gangförmig durchtrümmert.

äußeren Verhältnissen desjenigen Zeitpunktes in der allgemeinen Entwickelungsgeschichte, mit dem ihre Erscheinung zusammenfällt. Denn das materielle Substrat der vulkanischen Felsarten ist durchaus kein anderes, als das der plutonischen; auch hier sind es verschiedene Feldspathe, welche mit Hornblende, Augit und Olivin, seltener mit Glimmer und Quarz [9]), besonders aber mit Magneteisen (S. 57) sich mannigfach mischen und die verschiedene Form bedingen. Zur Unterscheidung derselben dient uns wieder die materielle Differenz des Feldspathes und seiner Beimischungen; indeß kommt bei den vulkanischen Produkten ein neues Mischungselement hinzu, nämlich chemisch gebundenes Wasser, welches den granitischen und porphyrartigen Gesteinen fehlt. Dieses Wasser geht mit den verschiedenen Feldspathen Verbindungen ein, und bewirkt dadurch eine eigene Reihe von gewässerten kieselsauren Doppelsalzen, die Zeolithe (S. 60). Das Auftreten derselben in der Mischung vulkanischer Produkte bildet den Charakter des Basalts und Phonoliths, ihr Mangel unterscheidet den Trachyt und Dolerit von beiden. Trachyt besteht aus feinkörnigem, gelbgrauem Kali= oder Natronfeldspath, worin kleine, wenig bemerkbare Krystalle von Orthoklas, Albit, glasigem Feldspath [10]), Glimmer und Hornblende mehr oder weniger häufig vertheilt sind; in seltenen Fällen stellt sich auch Quarz ein. Dolerit ist ein etwas grobkörniges, schwarzes Gemisch von Labrador und Augit; Basalt eine feiner körnige Mischung, worin statt des wasserfreien Labradors ein wasserhaltiger Kalkzeolith (Mesotyp oder Mesolith) den einen, Olivin und Augit den andern Hauptbestandtheil bilden. Phonolith dagegen besteht aus glasigem, durch Eisenoxyd gefärbtem Feldspath und einem Alkali=Zeolith, verhält sich also zum Trachyt, wie Basalt zum Dolerit [11]). Auch harmonirt seine gewöhnlich hellgraue Farbe mehr mit der des Trachyts, während räumlich abgegrenzte größere Feldspathkrystalle, womit die Grundmasse stellenweis erfüllt ist, ihm ein porphyrartiges Ansehen geben. Den Namen hat er von klangreichen Tönen, welche seine gern plattenförmig zerklüftete Masse beim Anschlagen erschallen läßt; die Basalte dagegen zerklüften mehr säulenförmig oder kugelig=schaalig, und sind an ihrer beinahe regelmäßigen Absonderung leicht kenntlich. Wir haben davon und von ihren Vorkommnissen schon früher (S. 57—64) gesprochen, als wir die formelle Uebereinstimmung derselben mit den Laven nachwiesen, und können den Leser auf jene An=

---

9) Die Anwesenheit des Quarzes in vulkanischen Gesteinen ist allerdings eine Seltenheit, allein als nothwendige oder entscheidende Eigenschaft für vulkanische Produkte läßt sich sein Mangel wohl nicht ansehen. Vergl. S. 60.

10) Glasiger Feldspath ist eine Verbindung von Orthoklas und Albit, ein Kali=Natronfeldspath. —

11) Fein zertheilte, erdige, zusammengepreßte vulkanische Massen, aus vorhistorischer vulkanischer Asche entstanden, nennt man Wacke; auch vulkanischen Tuff oder Traß, wenn sie durch Wasser oder Druck mechanisch zusammengebacken sind.

gaben verweisen; hier mag nur kurz wiederholt werden, daß zwischen den vorhistorischen vulkanischen Gesteinen und den Laven aus historischer Zeit sich keine andere Grenze den Grundstoffen nach ziehen läßt, als daß die letztern gewöhnlich [12]) des chemisch gebundenen Wassers entbehren; entweder weil jene ältesten wasserhaltigen vulkanischen Gesteine submarinen Eruptionen angehören, d. h. zu einer Zeit durchbrachen, als das Meer den Ort ihres Zutagegehens noch bedeckte, oder weil der gegenwärtig aus offenen Schlünden die Eruptivstoffe hervortreibende Wasserdampf unter einem zu geringen Drucke steht, um chemische Verbindungen mit den Silicaten eingehen zu können. Dafür sprechen auch die vielen leeren Blasenräume, welche von den Wasserdämpfen herrühren, und für die Laven als äußeres Erkennungszeichen angesehen werden, obgleich sie den älteren Basalten nur der Regel nach, aber nicht immer, fehlen. Solche Basalte werden Mandelsteine genannt, zumal wenn die meistens mandelförmigen (S. 56) Blasenräume nicht leer sind, sondern wie gewöhnlich sich mit eigenthümlichen, aus der Grundmasse herausgeschossenen Mineralien erfüllt haben, in denen die genauere Untersuchung Zeolithe zu erkennen pflegt. —

Hinsichtlich des Zeitraumes, wann die vulkanischen Produkte an die Oberfläche traten, haben wir schon im Allgemeinen angegeben, daß sie jünger sind als die granitischen plutonischen Felsarten, selbst jünger als die Porphyre. Allein der nähere Zeitpunkt ihres Erscheinens ist damit noch nicht festgestellt. Wenn wir nun aus jenen früheren Angaben (S. 58) schon wissen, daß sie nicht alle aus derselben Zeit stammen, vielmehr Basalt und Phonolith jünger zu sein scheinen, als Dolerit und Trachyt; so wollen wir diesmal nur noch die Bemerkung hinzufügen, daß ihr Emportreten nicht früher als nach Absatz der Kreide erfolgt sein dürfte, mithin ihre verschiedenen Eruptionen mit dem Bildungsgange der tertiären Schichten in naher Beziehung stehen mögen. Wir werden später, bei Betrachtung der genannten neptunischen Niederschläge und dem successiven Auftreten der Gebirgszüge, diese Verhältnisse schärfer festzustellen suchen, diesmal aber nicht weiter in dieselben eindringen, da noch andere Gegenstände für jetzt unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen.

Zuvor überblicken wir noch einmal im Kurzen die vom materiellen Inhalt der massigen Gesteine gewonnenen Resultate, und verweilen besonders bei dem Umstande, daß in allen vier Hauptarten der Form, den Graniten, Porphyren, Trachyten und Basalten, zweierlei verschiedene Mischungsweisen wiederkehren, von denen die eine durch Quarz, Glimmer und Hornblendegehalt bei alkalischer Grundlage des Feldspaths, die andere durch Augit, Diallag und Olivin bei kalkiger Grundlage des Feldspaths

---

12) Der Lavaerguß bei der Bildung des Monte nuovo enthält nach Abich's Analyse chemisch gebundenes Wasser; vielleicht weil hier die Eruptivmündung erst gebildet werden mußte, die vulkanischen Stoffe und Wasserdämpfe in der Tiefe also unter einem größern Druck standen, als in den thätigen Vulkanen mit offenen Schlünden.

charakterisirt wird; ferner, daß die meisten vulkanischen Produkte sich durch Wassergehalt auszeichnen, während das chemisch gebundene Wasser in den plutonischen Verbindungen gänzlich fehlt. Beide Eigenschaften sind sicher keine zufälligen, sondern ohne Zweifel eben so gesetzmäßig, wie das granitische, porphyrartige und basaltische Gefüge. Auch scheint das Gesetz sich bald zu ergeben, wenn man nicht bloß auf die qualitativen Unterschiede der Mischungen, sondern auch auf ihre Gewichtsunterschiede achtet. Da findet sich denn, daß der kalkhaltige Labrador eine größere spezifische Schwere (2,71) besitzt, als der Orthoklas (2,55) oder Albit (2,61); und daß in ähnlicher Beziehung die schwarzen metallreichen Augite (3,2—3,8) mit der Hornblende (2,9—3,1) zum Quarz (2,5—2,8) und Glimmer (2,8—3,0) stehen. Waren also alle sieben Stoffe in derselben Mischung enthalten, und konnten sie sich ihrem Gewichte nach darin vertheilen, so mußten Labrador und Augit zumeist nach unten sinken, in den mittleren Regionen Albit und Hornblende, in den obersten Orthoklas, Glimmer und Quarz sich ansammeln. Deshalb also schloß sich der Labrador an den Augit, der Orthoklas an den Glimmer und Quarz; aber vollständig rein konnte bei so geringen Gewichtsunterschieden die Ausscheidung doch nicht werden, am wenigsten in den mittleren Regionen, woselbst die Verbindungen leichter in einander übergingen. —

Es wäre ein bedeutendes Resultat, wenn sich diese auf theoretischem Wege gefundenen Schlüsse dadurch als richtige nachweisen ließen, daß mit ihnen die erfahrungsmäßigen Thatsachen über die relative Lagerung der massigen Gesteine harmoniren. Für die Porphyre scheint es am sichersten behauptet werden zu dürfen, daß die schwarzen Melaphyre später durchbrachen, als die rothen Porphyre, mithin unter ihnen lagen. Auch Trachyt und Dolerit verhalten sich eben so, stets wird der ältere Trachyt von dem jüngeren Dolerit durchbrochen und überlagert; aber jünger als beide scheinen Phonolith und Basalt zu sein, und nicht immer in jener geregelten Beziehung zu einander zu stehen. Ihr Wassergehalt ist sicher daraus zu erklären, daß die Wasserdämpfe, welche in der Tiefe sich befanden, unter dem heftigen Druck der überliegenden Schichten zurückgehalten und genöthigt wurden, im Bestreben sich zu verdichten mit den wasserfreien Silicaten ihrer Umgebungen chemische Verbindungen einzugehen. Sie verwandelten daselbst den Trachyt in Phonolith, den Dolerit in Basalt, und trieben die geschmolzenen Massen vor sich her, bis sie einen Ausweg gefunden hatten. Es ist daraus begreiflich, wie Phonolith den Dolerit und selbst den Basalt durchbrechen könne, weil er aus höher hinaufgetriebenem Trachyt gebildet, erst später durch die von unten heraufdringenden glühenden Wasserdämpfe erreicht werden konnte, als der Basalt, welcher aus dem tiefer liegenden Dolerit entstand. Auch erklärt dies Verhältniß genugsam den Mangel einer allgemein feststehenden Regel für die Bildungs- und Hebungsepoche sowohl des Phonoliths, als auch des Basalts; denn beide sind keine ursprüng-

lichen Produkte des Silicatenmantels, sondern spätere, durch heiße Wasserdämpfe bewirkte Umwandlungen einzelner Schichten in ihm. Aber zur Zeit als die granitischen und porphyrigen Felsarten emporgehoben wurden, waren noch keine Wasserdämpfe die Ursachen der Hebungen; damals war es die fortschreitende Contraction der ganzen Rinde eines Theils, andern Theils der Druck, den die oberen Schichten auf die noch weichen unteren ausübten. Hier mußte nun eine natürliche, durch das spezifische Gewicht bedingte Reihenfolge überall wiederkehren. So lange der Granit unten noch flüssig war, mußte er emporgetrieben werden, und nur da, wo flüssiger Granit fehlte, brachen Diorit- und Augitsteine durch. Später, als alle Granite erstarrt waren, folgten die Pyroxene allein dem Druck der treibenden Kräfte, konnten aber, weil sie in größerer Tiefe steckten, nie so kräftig auftreten wie der Granit, vielleicht weil theils der Weg, den sie zu machen hatten, ein längerer war, theils die Wirkungen des Druckes um so mehr abnehmen mußten, je weiter der Erkaltungsproceß vorschritt. Einzelne hie und da noch flüssig gebliebene Granitmassen bildeten, neueren Ursprungs, die schneller erkalteten rothen Porphyre, und eben solche Pyroxenstöcke die Melaphyre. So denken wir uns den Hergang der Gebirgserhebungen und die Succession ihrer Bestandtheile; wir glauben, daß es ursprüngliche Verschiedenheiten in der Lagerung waren, welche die Reihenfolge der heraufgestiegenen Massen bewirkten; aber wir verkennen nicht, daß diese Lagerungsunterschiede der Stoffe nicht überall genau dieselben sein konnten, und daß aus diesem Grunde bald hier mehr Quarzgesteine, bald dort mehr Augitsubstanzen hervortreten mußten, ja daß diese stellenweis älter sein können, als jene an anderen Orten. Denn das Gesetz, welches diese Verhältnisse regelte, ist, wie alle Naturgesetze, den Störungen anderer unterworfen; und wenn es auch nie durch dieselben ganz aufgehoben werden kann, so ist doch eine Oscillation innerhalb gewisser Grenzen bei ihm und allen anderen Naturgesetzen erlaubt und vorhanden gewesen. —

Zur näheren Erklärung des eben Vorgetragenen mögen hier einige spezielle Angaben über das besondere Vorkommen von Quarz und Augitgesteinen ihre Stelle finden. Zuerst erwähnen wir vom Granit die wichtigen Beobachtungen in den Umgebungen von Heidelberg [13]) und Karlsbad [14]), aus denen dargethan werden kann, daß nicht aller Gra-

---

13) Man vergleiche die hübsche Zusammenstellung von G. Leonhard, Beitrag zur Geologie der Gegend um Heidelberg. 1844. 8.

14) Die Mittheilungen von Reuß stellten die gangartige Bildung dieser Granite wenigstens bei Marienbad in Abrede, und suchten die dortigen Phänomene auf verschiedene Absonderung gleichzeitiger Massen zu gründen. Vergl. Neues Jahrb. für Mineralogie &c. 1844. S. 129, und die Entgegnung von Cotta, ebendaselbst S. 555. — Seitdem ist wieder eine Untersuchung derselben Granite in Karlsbad von Hrn. v. Warnsdorff ausgeführt und darin das verschiedene Alter eines grobkörnigen (älteren) und feinkörnigen (jüngeren) Granits überzeugend ausgesprochen wor-

nit gleichzeitig fest ward, weil sich in ihm Spalten und Risse mit anderen gangartig eingedrungenen Granitmassen ausgefüllt befinden, wie das lehrreiche Profil im Heidelberger Schloßgarten, welches wir mittheilen, angiebt.



Eine solche Bildung beweist unzweifelhaft einen flüssigen Zustand für die später eingedrungene Substanz; sie beweist aber auch eben so bestimmt, daß die ältere Masse schon erstarrt war und Spalten reißen mußte, bevor die tiefer gelagerte, damals noch flüssige in sie eindringen konnte. Deshalb nennt man die später erstarrten Stoffe jüngere, die bereits früher erkalteten dagegen ältere; wobei nun freilich nicht an ein wirkliches späteres Entstehen, sondern nur an den früheren oder späteren Moment ihrer Abkühlung bis zum Erstarren gedacht werden darf. Es folgt also aus Granitgängen im Granit weiter nichts mit Bestimmtheit, als daß die unteren Schichten desselben Gesteins noch flüssig waren, während die oberen schon eine größere Festigkeit, wenn auch nicht den jetzigen Grad der Abkühlung, besaßen, und durch äußere Gewalten jene zerklüfteten älteren Massen herabgedrückt wurden, während die noch flüssigen tieferen zwischen sie hineindrangen; woraus wir denn ohne Zweifel eine sehr bedeutende Dicke oder Mächtigkeit der granitischen Materien folgern dürfen.

Auf ähnliche Weise läßt sich die ebenfalls sichere Beobachtung vom Eindringen jüngerer Granitmassen in die krystallinischen Schiefer oder selbst

---

den. Die bekannten Quellen Karlsbads entspringen aus der Contactgrenze dieser beiden Granite, und sind um so wärmer, je senkrechter die bezeichnete Grenze hinabzusteigen scheint. Ebendas. 1846. S. 385 ff.

in neptunische Straten erklären, es folgt aus ihnen zweierlei: einmal die schon vollendete Bildung dieser Schichten zur Zeit, als die Katastrophe eintrat, welche den unter ihnen liegenden Granit hob, und ihn in die bereits festen Gesteine hineintrieb; dann die bestimmte Erkenntniß, daß dieser Granit noch nicht völlig erkaltet war, mithin die Erstarrung desselben nicht überall zu gleicher Zeit und in jeder Tiefe eintrat, sondern sehr allmälig und langsam erfolgte. Gewöhnlich aber sind diese jüngeren plutonischen Felsarten nicht mehr Granit, sondern Syenit, Diorit oder Pyroxengesteine, deren späteres Hervorbrechen mit den früheren Angaben über die relative Lagerung zum Granit im Einklange steht.

Schwieriger ist bei dieser Ansicht eine andere Thatsache, das Eindringen des Granits als Gangmasse in die Pyroxengesteine, zu deuten. Aus ihr folgt auf dieselbe Weise, daß die Pyroxene älter sind als der Granit; daß sie schon fest waren, als er noch seinen feurigen Fluß besaß, und daß sie ebendeshalb nicht gut unter ihm, sondern nur über ihm abgelagert angenommen werden können. Ich weiß freilich nicht, wie häufig Fälle der Art vorkommen mögen, aber sehr allgemein verbreitet scheinen sie nicht zu sein [15]), dürften daher auch nur auf eine locale Würdigung Ansprüche haben und zur Begründung oder Bekämpfung allgemeiner Gesetze nicht sich eignen. Es wäre wohl denkbar, daß der Granit, welcher z. B. in die Pyroxengesteine des Harzes eindringt, nur ein kleiner später emporgehobener jüngerer Rest war, und daß er nicht mit den eigentlichen Hauptgraniten des Harzes aus gleicher Zeit stammte. So kann selbst an einzelnen Punkten der Granit auch Pyroxengesteine durchbrechen, gleich wie er an anderen, z. B. bei Heidelberg, den Syenit durchbricht; während der Syenit nach unseren Annahmen unter dem Granit lag, mithin ihn gangartig durchsetzen müßte. Dieses Vorkommen ist allerdings das häufigere, z. B. im Schwarzwalde, allein nicht das einzig mögliche, weil die Erkaltung der Schichten nicht überall gleich schnell vorschritt, oder auch weil die verschiedenen Schichten nicht an allen Stellen dieselbe Stärke hatten; endlich weil alle diese Verhältnisse, bei der Mannigfaltigkeit der Wechselbeziehungen, demselben Gesetze, welches sie beherrschte, nicht gleich vollständig gehorchten. Einzelne Ausnahmen können daher das Gesetz nicht umstoßen, sondern nur vor der unbedingten Anwendung desselben in allen Fällen uns warnen.

Die eben untersuchten Beziehungen, in denen die verschiedenen plutonischen und vulkanischen Felsarten zu einander stehen, nöthigen uns noch einige Bemerkungen ab über die Folgen, welche von der Berührung derselben theils mit einander, theils mit neptunischen Gebilden herrühren; Beziehungen, die in neuerer Zeit eine sehr bedeutende Stellung bei geolo=

---

15) Vergl. Hausmann, über die Bildung des Harzgebirges. Gött. 1842. Seite 96.

gischen Untersuchungen einzunehmen pflegen, und daher nicht unberücksichtigt bleiben dürfen. Wir können dieselben nach zwei Gesichtspunkten betrachten, nämlich nach ihren mechanischen Wirkungen, oder nach ihren physikalischen und chemischen.

Mechanische Einwirkungen sind nicht sehr mannigfacher Art und überhaupt leichter zu ergründen; sie beschränken sich auf die Berührungs-Oberflächen, und erscheinen größtentheils in Zertrümmerung und Abreibung derselben an einander. Je nach dem Grade der Erstarrung, worin die sich berührenden Schichten bereits verfallen waren, wird diese Zertrümmerung und Abreibung verschieden sein müssen; sie wird mit der Erstarrung zunehmen, und bei ebenen Berührungsflächen nur eine politurartige Glättung oder Streifung bewirken, wie etwa wenn eine Schicht auf der anderen herabgeglitten sei. Man nennt daher solche glatte oder gestreifte, rissige Berührungsebenen Reibungs- oder Rutschflächen und unterscheidet davon als zweite Form der mechanischen Contactwirkungen das Reibungsconglomerat, welches durch Ablösung zahlreicher Bruchstücke der sich berührenden Flächen gebildet wurde. Waren beide Berührungsflächen gleich hart, so werden die abgelösten Bruchstücke zwischen ihnen mit fortgeführt, dabei abgerieben und in ein feinkörniges, fast erdiges Bindemittel, welches von dem abgeriebenen Pulver herrührt, eingelagert sein müssen. War dagegen die eine Masse flüssig oder wenigstens weich, die andere hart, so werden die abgelösten Bruchstücke ihre eckige Form behalten und so eckig, wie sie sind, der damals weichen, später erstarrten zweiten Masse einliegen. Beide Formen der Reibungsconglomerate kommen vor, und geben durch ihre Beschaffenheit alsbald näheren Aufschluß über die Phänomene, von denen ihre Bildungen begleitet waren. So finden sich Rutschflächen gewöhnlich zwischen geschieferten Schichten, oder an den Wänden scharf aufsteigender Gänge; ebendort finden sich sehr häufig Reibungsconglomerate mit eckigen Trümmern, welche in der Gangmasse liegen; die Reibungsconglomerate mit abgerundeten Trümmern kommen in der Regel auf weiteren Strecken vor, und pflegen die Grenze anzugeben, welche zwischen früher oder später hervorgebrochenen plutonischen Massen besteht. Sie sind namentlich an den Begrenzungsflächen verschiedener Porphyre der Halleschen Gegend sehr vollständig entwickelt.

Allgemein größeres Interesse erregen die physikalischen wie chemischen Einwirkungen, welche von den plutonischen oder vulkanischen Felsarten auf andere Gesteine derselben Art, oder auf neptunische ausgeübt werden sollten; sie beziehen sich im ersteren Falle bloß auf eine durch den Contact bewirkte Aenderung der Form ihres Gefüges, im zweiten auch auf materielle Veränderung, welche die eine Schicht von der anderen erdulden mußte. Nicht selten sind beide Einwirkungen mit einander verbunden, häufiger kommt die erste allein vor, aber nie scheint die letztere allein, ohne die erstere, stattge-

funden zu haben. Beide, sei es einzeln oder in ihrer Verbindung, bewirkten den Metamorphismus, d. h. die wirkliche Umwandlung einer Felsart in eine andere.

Die genaue Erörterung des metamorphischen Processes ist gegenwärtig noch ein wichtiges geologisches Problem. Darum können wir nicht alle auf seine Rechnung geschriebenen Wirkungen mit gleicher Sicherheit vertreten, wir müssen vielmehr die verschiedenen und oft einander sehr widersprechenden Ansichten im Einzelnen auf sich beruhen lassen, und uns auf eine vorurtheilsfreie Prüfung alles Thatsächlichen, unabhängig von den Meinungen, beschränken. Wir wollen dabei von den älteren metamorphosirten Materien zu den jüngeren vorschreiten. —

Für die ältesten metamorphosirten Gesteine halten viele Geognosten alle krystallinischen Schiefer, von denen ihrem Gefüge nach früher (S. 135) die Rede war. Wir haben damals einige der häufigsten Arten namhaft gemacht, und werden jetzt ihre Unterschiede schärfer festzustellen suchen. Dabei ist von der Materie auszugehen, weil die Form bei allen ziemlich dieselbe bleibt. Nach ihrem materiellen Gehalte lassen sie sich in drei Hauptgruppen bringen, insofern sie vorzugsweise 1) Feldspath, 2) Glimmer, 3) Talk enthalten. —

Der gemeinste und häufigste krystallinische Feldspathschiefer ist der Gneiß, eine Felsart, die wir schon früher (S. 132) beim Granit besprachen, indem sie sich vom letzteren nur durch ihre schieferige Struktur unterscheidet, und zu den allverbreitetsten Gebirgsgesteinen unserer Erdoberfläche gehört. Sie hat gewöhnlich ein feinblättriges Gefüge, seltener ein mehr körniges, und geht durch Schwinden des Glimmers manche Abänderungen ein, von denen wir den Protogyn, worin statt Glimmer Talk oder Chlorit enthalten ist, als die häufigste erwähnen. Fehlen beide, besteht das schieferige Gestein bloß aus Feldspath und Quarz, so entsteht der Eurit, und wenn dann statt des Quarzes sich die Hornblende einstellt, der Hornblendegneiß. Weiße schieferige Feldspathe mit wenig Quarz, heißen Weißstein, grauliche Hornschiefer. —

Der Glimmerschiefer ist ein schieferiges Gemenge von Glimmer und Quarz, das häufig mit dem Gneiß zugleich auftritt, und nächst ihm die gewöhnlichste Form der krystallinischen Schiefer darstellt. Nimmt in ihm der Glimmer ab, oder wird der Quarz fast rein, so erhält man den Aventurin; ganz reiner schieferig-körniger Quarz ist der Quarzfels oder Quarzschiefer, je nachdem die schieferige Textur minder oder mehr sich verräth. Ein Gemisch von Glimmer mit schieferiger Hornblende nennt man Hornblendeschiefer. Ein sehr feinkörnig sandiger, quarzreicher Glimmerschiefer ist der Itakolumit, welcher bisweilen, des lockeren Gefüges wegen, eine gewisse Biegsamkeit zeigt (daher Gelenkquarz), und neuerdings als primitive Lagerstätte der Diamanten, zumal

Brasiliens, wo er sich weit verbreitet, erkannt worden ist [16]). Er scheint stellenweis etwas Chlorit zu enthalten und in Chloritschiefer überzugehen.

Die Talkschiefer bestehen vorzugsweise aus schieferigem Talksilicat (S. 135), womit Quarz, kohlensaurer Kalk, Chlorit, Diallag und viele andere Mineralien sich vereinigt haben. Ziemlich reiner blättriger Talkschiefer von weißlicher Farbe und grünlicher Chloritschiefer (S. 133) kommen am häufigsten vor; mit ihm steht der Serpentinschiefer (S. 167) in nächster Verbindung. Als ein Gemisch von grünem oder grauem Talk mit kohlensaurem Kalk und Quarz tritt in der Schweiz der dort häufige schieferige Flysch und Flyschschiefer auf.

In innige Beziehung treten zu diesen krystallinischen Schiefern der Urthonschiefer und Urkalkstein, obwohl letzterer keine schieferige Struktur zeigt, sondern nur als fein krystallinische Substanz in der unmittelbaren Nähe der krystallinischen Schiefer, sogar mit ihnen wechsellagernd, angetroffen wird. Aus der gleichartigen Form und Lagerung dieser Gesteine schloß man auf eine gleiche Ursache für beide, und kam, als man die krystallinischen Schiefer vorzugsweise in der Nähe plutonischer Massengesteine abgelagert fand, zu der Annahme, daß sie ihre Form den letzteren verdanken möchten. Gewöhnlich lagert sich nämlich der Gneiß unmittelbar auf Granit, während im Hangenden des Gneißes andere krystallinische Schiefer auftreten, die, je höher hinauf, um so bestimmter ihre krystallinische Struktur verlieren, mit einzelnen wahren Sedimentschichten abwechseln und endlich wohl gar in Thonschiefer und Kalkstein übergehen. Nicht bloß diese

---

16) Die Einlagerung der Diamanten in eine metamorphische Felsart beweist, daß auch sie keine ursprünglichen Gebilde, sondern metamorphische Produkte sind. Manche Umstände deuten darauf hin, daß der Diamant aus der Zersetzung organischer Materien, namentlich faulender Pflanzenstoffe entstand, denen durch chemische Thätigkeiten allmälig ihr Sauerstoff- und Wasserstoffgehalt entzogen wurde. Der zurückbleibende Kohlenstoff mußte sich rein ausscheiden und dabei seine natürliche Krystallform annehmen, weil seine Bildung langsam und ruhig in den Lücken eines festen Gesteines von Statten ging. Diese Lücken waren vielleicht die Lagerstätten der faulenden Organismen selbst. — Jede Fäulniß eines organischen Körpers beginnt mit der Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft, und endet damit, daß die zusammengesetzte organische Substanz in binäre oder einfache anorganische Stoffe, besonders in Kohlensäure, Schwefelwasserstoff, Kohlenwasserstoff, Phosphorwasserstoff, Wasser, Ammoniak und Stickstoff zerlegt wird. Ist keine atmosphärische Luft vorhanden, so zersetzt der faulende Körper ihm benachbarte Sauerstoffverbindungen, am liebsten Metalloxyde oder Salze, und reducirt sie entweder zu Oxydulen, oder selbst zu Metallen und Schwefelmetallen. Auf diese Weise entstanden aus schwefelsauren Salzen die in Schwefelkies veränderten Versteinerungen. (S. 143, Note 31.) Die Bildung der Diamanten scheint indessen nicht durch Zersetzung schwefelsaurer Salze, sondern durch Reduction von Eisenoxyd zu Eisenoxydul bewirkt worden zu sein, weil nicht bloß der Itakolumit diesen Stoff enthält, sondern auch in dem Schuttlande an anderen Orten, wo Diamanten gefunden werden, Eisenerze, selbst Stücke gediegenen Eisens, in ihrer Begleitung vorkommen. — Vergl. Bischof, chemische Geolog. II. Band.

unmittelbare Nähe des Gneißes neben Granit, sondern auch die Gleichartigkeit der Bestandtheile beider, die Fortsetzung von Gängen aus dem Granit in den Gneiß, hatten von jeher zu der Ansicht geführt, daß letzterer ein durch Vorherrschen des Glimmers schieferig gewordener Granit sei, welcher mit ihm auf gleiche Weise entstand, und mehr für eine örtliche Abänderung, als für ein selbstständiges Gebilde angesehen werden müsse. Dazu schien auch die gewaltige Ausdehnung des Gneißes in einigen Gebirgen, z. B. in den Alpen, deren meiste Gipfel mit Ausnahme des granitischen Montblanc und Gottharts, von Gneißketten dargestellt werden, eine ganz natürliche Veranlassung zu bieten, und eine Ansicht zu rechtfertigen, mit welcher der Mangel des Gneißes in anderen Gebirgen, die nicht arm sind an Granit, z. B. dem Harz, sehr wohl sich vereinigen ließ. Denn war der Gneiß nur lokale Modification vom Granit, so brauchte er nicht überall vorhanden zu sein, wo Granit sich findet. In ähnlicher Weise wurde der Glimmerschiefer für eine örtliche Abänderung des Gneißes gehalten, welche durch den Mangel des Feldspathes bedingt sei, die Ursache dieses Mangels aber nicht weiter berücksichtigt. Häufig folgt auch dem Gneiß der Glimmerschiefer, wie diesem nicht selten der Urthonschiefer. Der Uebergang beider in einander ist stellenweis so sanft und allmälig, daß sich eine scharfe Grenze zwischen ihnen nicht ziehen läßt; woraus folgt, daß sie entschieden gleichförmig und auf dieselbe Weise entstanden sein müssen. Die Ueberraschung der Beobachter war groß, als sie zu diesem Resultate gelangten; denn der Urthonschiefer geht wieder in den gemeinen Thonschiefer über, und letzterer ist sicher eine neptunische, Versteinerungen umschließende Schicht. Dadurch wäre also der Uebergang von krystallisirten, angeblich plutonischen Gesteinen in neptunische, mechanisch abgesetzte bewiesen. Das ist aber nach der ursprünglichen Bildung beider Felsarten unmöglich; eine Grenze zwischen ihnen muß sein, so will es die Theorie und die Erfahrung. Geht also wirklich der Glimmerschiefer in den Urthonschiefer und dieser ohne Unterschied im Fallen seiner Schichten in den neptunischen Thonschiefer über, so muß entweder die natürliche Grenze beider durch spätere Einflüsse verwischt worden sein, der eine von beiden muß sich als eine Modification des anderen darstellen lassen; oder beide Gesteine müssen einen gleichförmigen Ursprung haben und gar nicht so wesentlich verschieden sein, als man glaubt. Nun wissen wir, daß hohe Hitzgrade erdige Materien erweichen, selbst schmelzen können, und langsame Erkaltung eine Krystallisation der geschmolzenen Massen bewirkt; es könnte daher der Glimmerschiefer wohl ein durch Hitze erweichter, langsam wieder erkalteter Thonschiefer sein, dessen Bestandtheile durch jenen neuen feurigen Umwandlungsproceß in Quarz und Glimmer verändert wurden.

Durch diesen hypothetischen Vorgang hat man neuerdings alle krystallinischen Schiefergebilde zu erklären gesucht, und sie deshalb metamorphische oder metamorphosirte Gesteine genannt.

Eine solche Ansicht darf sicher eine großartige genannt werden; auch erregte sie schon durch ihre Kühnheit anfangs allgemeine Bewunderung, und fand um so eher einen fast ungetheilten Beifall. Allein die Bewunderung legte sich, als die kühnen Ideen alltägliche geworden waren, der Rausch ließ nach, und eine ruhigere Prüfung, welche bald bei einem großen Theile der Forscher in Abneigung gegen die neue Lehre und entschiedenen Widerspruch überging, trat an seine Stelle. Unter diesen Umständen wird es dem gleichzeitigen Geschichtschreiber schwer, die richtige Mitte zwischen den streitenden Parteien zu halten; er wird sich des Einflusses bedeutender Persönlichkeiten, welche für oder wider die Ansicht des Tages aufgetreten sind, nicht erwehren können, und ihrem Urtheile um so mehr zu folgen geneigt sein, je weniger dasselbe durch entgegenstehende Erfahrungen eigentlich widerlegt, wenn auch oft durch Angriffe verdächtigt worden ist.

Um die Anwendbarkeit der Lehre vom Metamorphismus auf die Beschaffenheit der krystallinischen Schiefer darzuthun, muß man zuerst ihren früheren Zustand angeben, und demnächst die Möglichkeit der stattgefundenen Umänderung durch primitive Felsarten nachweisen. Was den ersten Theil dieser Aufgabe betrifft, so können die krystallinischen Schiefer vor ihrer Metamorphose nur wässerige Sedimente gewesen sein, welche nach allen heutigen Erfahrungen aus Thonerde, Kieselerde, kohlensaurem Kalk und Alkalisalzen nebst einigen Metallsalzen bestehen mochten. Hierüber sind alle Forscher, welche den Metamorphismus annehmen, wohl einverstanden. Zugegeben also, daß darin die Materien der krystallinischen Schiefer enthalten waren, was übrigens in Bezug auf die in den Silicaten anwesenden Alkalien nicht der Fall zu sein scheint; so ist es die Aufgabe der Plutoniker, zu zeigen, daß diese Stoffe bis zum Erweichen geglüht wurden, dabei neue chemische Verbindungen eingingen und nun wieder krystallinisch erstarrten. Der dazu nöthige Hitzgrad kann aber nur von den tiefer liegenden plutonischen Felsarten herrühren, er kann nur durch Aufnahme von Wärme aus ihnen bewirkt werden. Sollte diese Wärme hinreichen, neptunische Straten zu schmelzen, so mußte sie dem Schmelzpunkte des Granits mindestens gleichkommen; es konnte also der Granit selbst noch nicht fest sein, als der Metamorphismus begann; denn wie könnte wohl eine bereits bis zum Erstarren abgekühlte Masse eine andere über ihr liegende feste Substanz schmelzen, wenn der Schmelzpunkt der letzteren eben so hoch ist, als der Schmelzpunkt der ersteren. Allein so lange der Granit selbst flüssig war, konnte er nicht wohl verwittern; damals konnte er zu wässerigen Sedimenten noch kein Material liefern, und aus diesem Grunde konnten auch keine zu metamorphosirenden Niederschläge entstehen. Entstanden dieselben also erst nach dem Festwerden des Granits, so hatte derselbe wenigstens in seinen obersten Lagen bereits eine zu geringe Temperatur, um erdige Massen wieder in einen feurigen Fluß zu setzen; er konnte sie zwar erwärmen, aber nicht bis zum Erweichen, denn dann müßte er selbst wieder weich geworden

sein. — Dies sind die Einwürfe, welche ein Theil der Geognosten gegen den Metamorphismus der krystallinischen Schiefer erhebt. Andere gehen nicht so weit zurück, sie behaupten vielmehr, daß selbst flüssiger Granit eine Umwandlung von solcher Mächtigkeit nicht habe bewirken können. Denn die krystallinischen Schiefer sind keineswegs dünne Lagen; sie haben eine bedeutende Dicke, erreichen in den Alpen z. B. eine Mächtigkeit von mehreren tausend Fuß und dehnen sich horizontal über den größten Theil von Skandinavien und Finnland aus. Welch eine Hitze war erforderlich, um so bedeutende Massen zu erweichen! — wie konnte der Granit, der selbst nicht viel mächtiger zu sein scheint, sie hervorbringen? — wie konnte er sie während eines Zeitraumes von Jahrtausenden, der zur Verwitterung so vieler Felsarten nöthig war, behaupten und fortdauernd ausstrahlen? — In der That, ich muß gestehen, daß diese Einwürfe nicht von der Hand zu weisen sind, und daß sie die Annahme des plutonischen Metamorphismus für die krystallinischen Schiefer sehr bedenklich machen; — ja daß die Berücksichtigung der großen Verschiedenheiten zwischen einzelnen unmittelbar neben einander liegenden Schichten der krystallinischen Schiefer diese Bedenken noch vergrößert, insofern doch alle ursprünglich aus denselben Materialien, den plutonischen Felsarten, und durch denselben Proceß, die Verwitterung, entstanden sein sollen.

Von der Bedeutsamkeit so vieler Gründe überführt, haben allerdings schon gleichzeitige Geognosten den Metamorphismus als einen plutonischen, durch Hitze bewirkten Proceß geleugnet, und die metamorphische Wirkung in einer anderen Ursache gesucht; namentlich in dem langdauernden Contact, welchen die tiefer gelagerten Stoffe auf die ursprünglich sedimentären Schiefergebilde ausüben sollten. Eben diese Forscher, unter denen der norwegische Geognost Keilhau[17]) als Stimmführer angesehen werden kann, sind von der ursprünglich neptunischen Bildung der krystallinischen Schiefer völlig überzeugt; sie glauben durch die Anwesenheit einzelner Versteinerungen, welche metamorphische Schiefer in der Nähe von Granat und Grammatit mitten zwischen Tremolithnadeln enthalten, den sicheren Beweis liefern zu können, daß diese Schiefer weder jemals geschmolzen, noch auch nur einem bedeutenden Hitzgrade ausgesetzt waren, sondern ursprünglich auf wässerigem Wege, wie alle Schiefer, entstanden. Daß die Einwirkung, welche die Sedimente in krystallisirte Substanzen verwandelte, von benachbarten massigen oder abnormen Gesteinen ausging, ist ihnen ebenfalls eine entschiedene Thatsache. Sie berufen sich zumal auf die krystallinische Beschaffenheit der Schiefer in der Nähe jener anderen meist plutonischen Massen, während eben dieselbe Schieferschicht, in weiterer Entfernung davon, ein einfach sedimentäres Gebilde bleibt; wobei sie besonders als entscheidend aufführen, daß gerade die Enden eines sedimentären Stratums, welche

17) Vergl. dessen Gaea norwegica. 2. Heft. Christiania 1846. 4.

mit abnormen Gesteinen in Berührung treten, krystallinisch geworden sind, die mittleren Gegenden zwischen ihnen unverändert blieben. Sie sehen ferner als Beweis gegen die plutonische Entstehung der krystallinischen Schiefer die häufige Erfahrung an, nach welcher krystallinische und rein sedimentäre Schichten mit einander abwechseln und jene oft über diesen liegen; was nicht der Fall sein könnte, wenn von unten heraufdringende Hitze den krystallinischen Zustand herbeigeführt hätte. — Allerdings sind solche Thatsachen von hoher Bedeutung und kaum geeignet, den plutonischen Metamorphismus zu gestatten; allein wie der bloße Contact metamorphische Wirkungen in so bedeutender Ausdehnung hervorbringen könne, und welche Processe eigentlich die Umwandlung während des Contactes bedingten, — das Alles bleibt eben so räthselhaft, wie bei der plutonischen Annahme. — Besonders scheint die erwähnte Wechsellagerung krystallinischer und sedimentärer Schichten der Contactwirkung nicht sehr das Wort zu reden, wenn gleich dieselbe für die Richtigkeit der entgegengesetzten, schon oben (S. 135) berührten Ansicht von dem rein plutonischen Ursprunge der krystallinischen Schiefer eben so wenig günstig ist; weil sich neben wirklichen Sedimenten mit Versteinerungen der Fortbestand annoch flüssiger Theile der glühenden Rinde nicht gut begreifen läßt. In Ansehung dieser Schwierigkeiten, möchte es jetzt auch nicht mehr gerathen sein, die krystallinischen Schiefer für ursprünglich plutonische Gebilde zu nehmen; vielmehr zwingt uns ihr Uebergang in neptunische Schiefer zur Annahme eines metamorphischen Processes ziemlich bestimmt. Welche Kraft oder Einwirkung aber den Metamorphismus ausgeübt habe, das möchte nach den täglich sich mehrenden sorgfältigen Beobachtungen über Pseudomorphosen, oder Umwandlungen vormals vorhandener Stoffe, neben Beibehaltung ihrer Form, in ganz andere, später herbeigeführte Materien, kaum noch bezweifelt werden können. In allen solchen Fällen scheint das Wasser mit seinen Lösungsmitteln und fremden Beimischungen das einzig mögliche Agens zu sein, und da ein solcher Umwandlungsproceß vielfältig noch jetzt vor sich geht, so wird er in der frühesten Zeit der Erdbildung nicht bloß vorhanden gewesen sein, sondern er wird auch füglich, unter begünstigenden Umständen, eine weit größere Thätigkeit entfaltet und viel bedeutendere Resultate herbeigeführt haben. Ihm will man gegenwärtig die wichtigsten und ausgedehntesten metamorphischen Wirkungen allein zuschreiben und keinen anderen, als den Metamorphismus auf nassem Wege statuiren. Wir werden darnach die sämmtlichen krystallinischen Schiefer fortan für ursprünglich neptunische Sedimente ansehen müssen, worin das Wasser allerhand fremde, vormals nicht vorhandene Stoffe hineinführte und mit ihrer Hülfe, unter dem langwierigen Einflusse von Millionen von Jahren, eine allmälige Umwandlung zu krystallinischen Materien bewirkte. Bei dieser Annahme wird es nur davon abhängen, ob Wasser, mit chemischen Agenten geschwängert, zu den sedimentären Gebilden einen Zugang finden konnte, wenn es

sich darum handelt, zu beurtheilen, warum die eine Schicht metamorphosirt wurde, während die andere unverändert blieb. Entweder konnte kein Wasser sie erreichen, oder das eingedrungene keinen chemischen Umwandlungsproceß in ihr wecken; sie mußte bleiben, was sie ursprünglich war, weil die Metamorphose außer ihrem Bereich lag. Andererseits wollen wir auch nicht vergessen, daß mancher Glimmerschiefer direct neptunischen Ursprungs sein könnte, weil der Glimmer durch die Verwitterung nicht so leicht zersetzt wird, wie der Feldspath, und aus diesem Grunde krystallinischer Glimmer in erdigen Sedimenten enthalten sein kann. War z. B. das Sediment in Wasser aufgelöst gewesene Kieselerde mit vielem Glimmer, so entstand Glimmerschiefer; war die Kieselerde fast rein, so bildete sich Quarzfels; war sie mit Thon gemischt, so entstand Kieselschiefer und Jaspis; schied sich viele Thonerde mit etwas Glimmer gemengt aus, so gab es den Urthonschiefer und fehlte der Glimmer, den gemeinen Thonschiefer. Für die Erklärung dieser wenigstens zum Theil krystallinischen Schiefer ist also gar kein metamorphischer Proceß erforderlich, vielmehr reicht der älteste neptunische allein für sie aus; und wenn in ihnen wirklich nur neptunische Agenten thätig waren, so scheint es auch statthaft, alle diejenigen krystallinischen Schiefer, welche derselben geologischen Epoche mit ihnen angehören, ebenfalls für neptunische Produkte zu erklären. Dahin dürfte allerdings die sorgfältige Prüfung des metamorphischen Processes uns führen [18]).

Am sichersten kann uns übrigens eine genaue Beobachtung der Einflüsse, welche die vulkanischen, entschieden als feuriger Fluß emporgedrungenen Materien auf ihre neptunischen Umgebungen ausgeübt haben, über die Möglichkeit eines plutonischen Metamorphismus und seine etwaige Ausdehnung belehren. Eine solche Untersuchung hat dargethan, daß Basalte und Laven zwar umwandelnd auf benachbarte, Kalk=, Thon= und Sandsteine einwirkten; daß namentlich die Kalke in einen veränderten, zum Theil fein krystallinischen Zustand verwandelt, die Thone mehr oder weniger gehärtet, schlackig aufgeblähet, ihrer Farbemittel beraubt und mitunter so roth gebrannt

18) Wir hatten schon in der vorigen Ausgabe erklärt, daß die besonnene, allseitig prüfende Darstellung von G. Bischof in dessen vortrefflichem Lehrbuche der chemischen Geologie (Bonn 1847—53. 8.) kaum noch an dem Metamorphismus auf nassem Wege zweifeln lasse und sind seitdem, durch fortgesetztes Studium der gehaltvollen Schrift, nur in dieser Ansicht bestärkt worden. Der Verfasser geht aber noch viel weiter, er scheint auch die Entstehung aller krystallinischen Gesteine mit selbstständig ausgeschiedenem Quarz auf nassem Wege demonstriren zu wollen und den plutonischen Proceß allein auf die vulkanischen Gesteine zu beschränken. Leider liegt sein Werk noch nicht vollendet vor und darum nehme ich Anstand, die bis jetzt nur andeutungsweise gegebenen Resultate sofort zu acceptiren; man muß die Controverse, welche sich gewiß über diesen so wichtigen Punkt der Geologie bald erheben wird, abwarten; der Geschichtschreiber kann überhaupt nichts Anderes thun, als seinen Lesern den Standpunkt der Wissenschaft so vorlegen, wie er in dem Augenblick ist, in welchem er schreibt. —

wurden, wie künstliche Ziegel; oder daß die Sandkörner an ihren Rändern erweichten, inniger zusammenklebten und einen Zustand annahmen, den man gefrittet zu nennen pflegt; — aber stets beschränkte sich eine solche Umwandlung nur auf geringe Strecken, welche mit der Mächtigkeit des glühenden Gesteines in Harmonie stehen; d. h. bei ganzen Lagern gegen 100—150 Fuß, bei gangartig aufgestiegenen Basalten nur 25—50 Zoll betragen [19]). Ueberhaupt fand sich bei näherer Untersuchung, daß glühende Materien viel leichter die Entfernung flüchtiger Mischungsantheile bewirken, als fremde Stoffe ihren Nachbarn mittheilen; sie scheinen schon deshalb mehr eine formelle, als eine materielle Umwandlung hervorzubringen. Namentlich ist das Austreiben von Wasser aus den Gesteinen, in Folge dessen eine allgemeine Zusammenziehung der Masse eintritt, die ihre Härte und Festigkeit vermehrt, eine sehr gewöhnliche Erscheinung. Daneben pflegt eine hellere Farbe, bewirkt durch die Entfernung flüchtiger organischer Pigmente, oder eine Art Röstung der Gesteine zu erfolgen. Man hat namentlich an den schwarzen Thonschiefern in der Nähe von vulkanischen oder plutonischen Gängen eine lichtere Färbung wahrgenommen, weil ein Theil ihres bituminösen, kohligen Farbestoffs durch die Hitze verjagt wurde; aber nirgends sah man weit verbreitete, der Umwandlung ganzer Lagen in krystallinische Formen entsprechende Resultate. — Sollte also, auf diese Erfahrungen sich stützend, die plutonische Metamorphose des Granits Geltung behalten wollen, so würde sie schwerlich weiter als auf kurze Distanzen reichen können, aber zur Umwandlung mächtiger Gebirgsgesteine, wie sie in weiten Strecken über ganze Länder ausgedehnt vorkommen, nicht in Annahme gebracht werden dürfen. Aus diesem Grunde scheint es auch fraglich, ob man wirklich die ausgebildete Schieferung des Tafel- und Dachschiefers, welche einige Geognosten als sogenannte falsche Schichtung [20]) den Einwirkungen plutonischer Hitze zuschreiben wollen, auf deren Rechnung schieben könne; noch weniger aber läßt sich die eigenthümlich krystallinische Structur der schönen, weißen, zuckerartig gefügten Kalke, welche wegen ihrer vielfachen Benutzung als Material unserer Kunst- und Bauwerke so allgemein unter dem Namen Marmor bekannt sind, von einem plutonischen Metamorphismus herleiten. Die salinischen, feinkörnigen Kalke von Paros und Carara, denen das gebildete Europa seit Jahrhunderten den schönen Stoff zu seinen vollendetsten Kunstdenkmalen

---

19) Wie schwach im Ganzen die Einwirkung selbst glühender vulkanischer Gesteine wenigstens abwärts sich erstreckt, geht daraus hervor, daß am Aetna große Massen Eis unter einem über sie geflossenen Lavastrom fest blieben, obgleich er nur durch eine dünne Lage lockerer Gesteins-Trümmer davon getrennt war. Bronn, Gesch. d. Natur. I. S. 528.

20) Eine falsche Schichtung wird diejenige genannt, deren Schieferungsflächen nicht mit den eigentlichen Schichtungsflächen parallel laufen, sondern sie unter constanten Winkeln schneiden, was beim Dachschiefer stets der Fall zu sein scheint.

verdankt, mögen immerhin ihrer Form nach metamorphischen Ursprungs sein[21]); aber der Umwandlungsproceß ist lediglich ein wässeriger, keineswegs ein feuriger gewesen, davon hält man sich jetzt wieder überzeugt.

Viel bedeutender wird die Umwandlung ursprünglich sedimentärer Gebilde, wenn nicht bloß eine formelle Aenderung des Gefüges, sondern eine wirkliche materielle Stoffaufnahme oder Ausscheidung in ihnen vor sich geht. Das scheint immer auf nassem Wege zu erfolgen, als ein sehr allmäliger, höchst langsamer Umsatz, wobei das Wasser die Rolle des Vermittlers spielt, indem es alkalische Substanzen, Säuren oder lösliche Carbonate zuführt, oder solche Bestandtheile mit sich fortnimmt. Von großer Wichtigkeit ist dabei die Zugänglichkeit des Materials; offene Klüfte, Spalten, Risse, Bruchränder werden die Wege, an und in denen sich das Wasser empordrängt und von da nach den Seiten hin auf den parallelen Schichtungsflächen sich fortpflanzt, wobei häufig die neu entstandenen Producte nicht gleichmäßig sich mischen, sondern lieber jedes für sich an besonderen Localitäten sich ausscheidet. Sind es Gänge oder senkrechte Spalten, die dem Wasser als Weg dienten, so verwandelte sich nur die zunächst an der Gangfläche befindliche Gegend des Muttergesteins in eine besondere metamorphosirte Substanz; sei es, daß der bis dahin offene Gang sich mit den metamorphischen Produkten anfülle, oder die in ihm schon früher vorhandene Füllungsmasse mit dem Muttergestein in eine directere Beziehung auf die Art trete, daß Stoffe von beiden sich gegen einander austauschen und den zwischen ihnen vorhanden gewesenen substanziellen Unterschied verwischen. Das scheint namentlich auf der Contactgrenze plutonischer und neptunischer Gebilde sehr allgemein zu erfolgen. Ist dagegen der Eindringling eine gasförmige Substanz, welche durch zahlreiche Klüfte nach allen Seiten hin offene Wege findet, so kann sie allmälig von ihren Bahnen aus die ganze sedimentäre Masse durchdringen und in ein völlig verschiedenes Mineral verwandeln; ja, was noch merkwürdiger ist, es kann eine constante Absonderung der metamorphosirten und unveränderten Bestandtheile des Sediments in regelmäßig wiederkehrenden Lagen und Schichten durch Ausscheidung nach bestimmten Bildungscentren erfolgen. Beide Fälle scheinen mannigfaltig bei der Bildung des krystallisirten G y p s e s obgewaltet zu haben; im ersteren Falle bewirken sie die mächtigen mauerförmigen, senkrecht aufsteigenden Gypsmassen, welche man im Kupferschiefer antrifft, im letzteren die dünnen Lagen von Fasergyps zwischen den bunten Mergeln des Keupers. Man meint, daß es mächtige Exhalationen von Schwefelwasserstoff gewesen seien, welche die stratificirten Sedimente durchdrangen, sich mit

21) Nach den Untersuchungen von F r. H o f f m a n n ist der Cararische Marmor nichts Anderes, als ein metamorphosirter Jurakalk, welcher dem oberen Jura angehört und den Schichten unmittelbar unter dem lithographischen Schiefer parallel gestellt werden muß. — Vergl. dessen Geognostische Beobachtungen auf einer Reise durch Italien und Sicilien, herausgegeben von v. D e c h e n. Berlin 1839. 8.

dem Sauerstoff der Luft zu Schwefelsäure veränderten und nun einen Theil des kohlensauren Kalkes in wasserfreien Anhydrit oder gewässerten Gyps umwandelten. Auf ähnliche Weise sucht man die neptunische Metamorphose des Dolomits zu erklären; man läßt kohlensaure Magnesia führende Gewässer den geschichteten kohlensauren Kalk durchdringen, und diesen gegen jene austauschen; ein Theil der Kalkerde wird entführt und eine entsprechende Quantität von Talkerde dafür zurückgelassen. Die erste Andeutung des Processes gab L. v. Buch, indem er mit genialer Auffassung der Lagerungs-Beziehungen, in denen die augitreichen Melaphyre zu den Dolomiten Tyrols stehen, die Behauptung aufstellte, daß Massen von Talkerde vielleicht in Dampfform die stratificirten Kalke durchdrungen und mit ihnen durch Austausch der Kalkerde gegen Talkerde sich verbunden hätten. Hiergegen erhoben sich theils Geognosten, welche in den Dolomiten Versteinerungen nachwiesen, theils Chemiker, indem sie die Möglichkeit dampfförmiger Talkerde in Abrede stellten; beide erklärten den Dolomit für ein neptunisches Produkt, während andere Forscher ihn gar für ein ursprünglich plutonisches ansahen, das gleich den körnigen Kalken aus der Tiefe im feurigen Fluß emporgestiegen sein sollte. Der Streit über die Richtigkeit der metamorphischen, neptunischen und plutonischen Genese des Dolomits ist lange und mit großer Heftigkeit geführt worden, scheint aber gegenwärtig doch zu Gunsten der ersteren entschieden zu sein; Bischof, der sorgfältige Kritiker, hat nachgewiesen, daß die kohlensaure Magnesia den kohlensauren Kalken, aus denen der Dolomit entstand, durch die Gewässer von oben herab zugeführt worden, und eben deshalb die Umwandlung des Kalks in Dolomit in derselben Richtung durch die allmälig tiefer eindringenden Wasser erfolgt sei; er leitet, in Anschluß an die v. Buch'sche Ansicht, die Magnesia wirklich von den Augitporphyren her, sieht sie als ein Product ihrer theilweisen Zersetzung auf nassem Wege an, und rechtfertigt so den Proceß, welchen L. v. Buch geistreich erkannt hatte, vollständig, obgleich er das Mittel, ihn zu vollführen, in das entgegengesetzte verwandelt. Wäre hiernach der Dolomit auch kein directes Produkt des Melaphyrs, so bliebe er doch immer eine metamorphische Felsart, deren Genesis scharfsinnig erklärt und damit den Anstoß zur Lehre von den großartigen Umwandlungsprocessen in der anorganischen Natur gegeben zu haben, als hohes Verdienst unseres ersten, nunmehr dahin geschiedenen, aber der Wissenschaft unsterblichen, vaterländischen Geognosten für alle Zukunft anerkannt werden wird [22]).

---

22) Vergl. Bischof, Chem. Geol. II. S. 279 u. 1099 ff. — Die krystallinische Beschaffenheit des Dolomits rührt eben so sehr von der Metamorphose her, wie dieselbe Beschaffenheit des Marmors; sein poröser, oft rauher Zustand (daher Rauhwacke genannt) ist dagegen aus dem Substanzverlust zu erklären, den die Gewässer im Kalkstein, als sie den Kalk gegen Talk austauschten, bewirkten. Inzwischen glaubt Dürocher aus Versuchen, welche er angestellt hat, auch plutonische

Es bedarf wohl keiner weiteren Auseinandersetzung, daß die zahlreichen Erscheinungen von Metamorphismus auf der Berührungsgrenze von plutonischen und neptunischen Gesteinen sich auf ähnliche Weise, wie die Dolomitbildung erklären lassen, und daß der Austausch, welcher an solchen Stellen unzweifelhaft zwischen den verschiedenen Stoffen erfolgt ist, ebenfalls nur auf nassem Wege geschah. Sieht man die offene Bruchfläche als die Bahn eindringender Gewässer an, so überzeugt man sich bald, daß neben derselben ganz ähnliche Processe erfolgen konnten, als diejenigen sind, wodurch die Dolomitisirung des Kalksteins bewirkt wird, daß mithin alle Annahmen von Uebergängen geschmolzener oder gar dampfförmiger Erden und Silicate eben so überflüssig erscheinen, wie die plutonische Ansicht von der Entstehung der körnigen Kalke oder der ähnlichen Metamorphose des Dolomits. Die Tagewasser sind es gewesen, welche diese Metamorphosen bewirkt haben; sie scheinen Carbonate aller Art in Auflösung mit sich geführt zu haben, um dieselben in Silicate umzuwandeln oder gegen andere auszutauschen, wobei Kieselerde und Metalloxyde wesentlichen Antheil an den Gebilden nahmen, welche bei diesen Metamorphosen erzeugt wurden. Auch die Ausfüllungsmassen der Gangspalten können, wenn es nicht gleichzeitige Producte, sondern spätere Eindringlinge gewesen sind, nur auf nassem Wege hineingeführt worden sein, wie das namentlich von allen quarzhaltigen Gängen jetzt wohl unzweifelhaft ist (S. 116). Wenn heiße, mit Säuren und flüchtigen Salzen geschwängerte Wasserdämpfe in solchen Spalten von unten empordrangen, oder wenn auch nur die kalten, an Kohlensäure reichen Tagewasser in ihnen langsam herabrieselten, immer mußten sie die Muttergesteine der Spalten zersetzen, die Kieselsäure zum Theil in der Auflösung erhalten, zum Theil rein abscheiden und die metallischen Bestandtheile der Basen zu neuen Verbindungen umwandeln, welche mit an den Ausfüllungsmassen der Gänge Theil nahmen. Demnach würden sehr viele, wenn nicht vielleicht gar die allermeisten Gangmassen ebenfalls als Produkte sich betrachten lassen, deren Bildung durch metamorphische Processe zu erklären ist. —

Metamorphosen des Dolomits annehmen und der älteren Ansicht von Talkerdedämpfen das Wort reden zu dürfen. Compt. rend. etc. Tom. 33. 1852. und Arch. d. Pharm. März 1852. —

12.

Lagerungsfolge und Zahl der neptunischen Schichten. — Versuche sie in größere Gruppen oder Formationen einzutheilen. — Primäre Flötzgebilde.

Untersuchen wir nunmehr die Reihe der neptunischen oder normalen Schichten zunächst im Allgemeinen, unsere Betrachtung an die früher bereits erwähnten Eigenschaften (S. 4) derselben anreihend, so müssen wir bald die große Uebereinstimmung aller in ihren Formen und Bestandtheilen erkennen, welche zu den mannigfachen Verschiedenheiten der abnormen Gesteine einen sehr auffallenden Gegensatz bildet. Frühere Mittheilungen haben uns schon die hauptsächlichsten Formunterschiede, die Beziehungen der Schichten zur Ebene, zu Gebirgszügen und zu einander, kurz alle diejenigen allgemeinen Verhältnisse kennen gelehrt, welche durch die Ausdrücke Streichen und Fallen, und die verschiedenen Benennungen der Lagerung angegeben werden (S. 148 ff.); wir haben uns damals schon überzeugt, daß später gebildete Schichten stets über den älteren sich befinden müssen, und bei verworfenen gehobenen Straten die im Hangenden jünger sind, als die im Liegenden. Allein wir betrachteten noch nicht die Bestandtheile der Schichten selbst, und da gerade in ihnen die wesentlichsten Unterschiede auf einander folgender Straten bedingt zu sein pflegen, so wird eine allgemeine Erörterung dieser Bestandtheile und ihrer Abweichungen uns zunächst beschäftigen müssen.

Dreierlei Stoffe sind es vorzugsweise, welche die Schichten ihrer Materie nach bilden, Thonerde, kohlensaurer Kalk und Quarzkörnchen oder Sand. Aber nur selten treten diese Bestandtheile rein und isolirt hervor, in der Regel sind sie gar innig unter einander oder mit einigen minder häufigen Stoffen gemischt, die ihnen sowohl materielle, als auch formelle Verschiedenheiten beilegen. Zu den letztern Stoffen gehören besonders die Farbemittel, am häufigsten Metalloxyde und vor allen Eisen; aber auch Kohle und Bitumen treten als Färbungen auf. Selbst reine Kohle wird angetroffen, an verschiedenen Stellen schichtweise Lagen bildend und zwischen den ältesten wie jüngsten Schichten als untergeordnetes Flötz eingeschoben. Nicht selten finden sich Erzlager, aus mannigfachen Metallgemischen zusammengesetzt, die in größerer oder geringerer Ausdehnung zwischen die neptunischen Schichten sich eindrängen. — Im Ganzen spielen jedoch diese untergeordneten Lager in der Zusammensetzung normaler Gesteine keine wesentliche Rolle; viel wichtiger werden für die Differenzirungen der Materie Verbindungen, welche die drei Hauptgrundstoffe mit einander eingehen. Am gewöhnlichsten mischt sich der Quarzsand mit den beiden anderen Stoffen, theils mit der Kalkerde, theils mit der Thonerde; sie sind in der Regel das Bindemittel, welches die Quarzkörnchen vereint und zu einer festen soliden Materie erst macht. In ihnen findet sich auch die fär-

bende Substanz des Sandsteins, wodurch regelmäßig abgegrenzte, sehr bestimmt verschiedene, rothe, weiße, bläuliche, grünliche und gelbliche Bänke entstehen, die gleich Bandstreifen über einander liegen und in mannigfachem Wechsel auftreten. Die Mischung der Sandkörner mit Thonerde kommt am häufigsten vor, zumal in älteren und in sehr jungen Formationen; in den mittleren Straten ist die Kalkerde bisweilen das Bindemittel. Zu jenen ältesten Sandsteinen gehört auch die Grauwacke, eine schwärzliche, grünliche, graue oder braune Mischung von Thonerde und Quarzsand, die nach der einen Seite in Thonschiefer, nach der anderen in reineren Sandstein übergeht, und immer durch ihre große Härte und Festigkeit sich auszeichnet. In den jüngsten Formationen bilden Gemische von Thonerde mit Kalk und Sand den Lehm, eine in ebenen Gegenden häufige, deutlich angeschwemmte Erdschicht, deren Benutzung als Baumaterial sie eben so bekannt wie wichtig gemacht hat für das Menschengeschlecht; denn unter allen Zonen und zu allen Zeiten diente der Lehm als erster und hauptsächlichster Baustoff zu unseren Wohnungen. Am häufigsten und allgemeinsten ist die kohlensaure Kalkerde selbst und allein in den neptunischen Schichten verbreitet; zwar stets ihren chemischen Grundlagen nach dieselbe Substanz, aber doch durch fremde Beimischungen, Farbenunterschiede, Grade der Festigkeit, deutlichere oder geringere Schichtung so mannigfach abweichend, daß man kaum noch an eine wirkliche Identität glauben möchte. Eine der häufigsten Abänderungen liefert die schon früher als Dolomit erwähnte Vermischung mit der kohlensauren Talkerde oder Magnesia; sie scheint besonders in den älteren Flözperioden vorzukommen; — später mischte sich die kohlensaure Kalkerde lieber mit der Thonerde und bildete den Mergel, eine ebenfalls weit verbreitete, ihrer äußeren Erscheinung nach höchst veränderliche, buntfarbige Masse, die mehr in mittleren und jüngeren Perioden der Schichtenbildung entstanden zu sein scheint, und überhaupt nicht so mächtig auftritt, wie die Sandsteine und Kalksteine, sondern etwa den Thonschichten an Ausdehnung gleichkommen möchte. — Dies sind die wenigen Grundgebilde, aus denen die mannigfache Reihe der wässerigen Niederschläge entstand. In stetem Wechsel des einen mit dem andern wiederkehrend zeigen sie durch die Gleichartigkeit ihres materiellen Inhaltes auf einen und denselben Bildungsgang, auf eine eben so häufige Wiederkehr der Ursachen hin, aus denen sie im Laufe des Mittelalters unserer Erde hervorgingen, und liefern uns in ganz ähnlichen Absätzen aus der allerneuesten Zeit die besten Beweise, daß auch jene früheren Schichten unter entsprechenden Verhältnissen sich formten. Wir haben deren Bildungsgeschichte schon früher (S. 42 und 144) besprochen und in den ersten Kapiteln die Gesetze ihrer formellen Gestaltung kennen gelernt. Die Verwitterung des krystallinischen Massengesteins war es, welche zu den erdigen neptunischen Sedimenten das vom Wasser nicht eigentlich gebildete, sondern nur weiter

transportirte Material bereitete; sein Absatz scheint zu einer Zeit, als die krystallinische Rinde noch heiß und nur auf der äußersten Oberfläche etwas mehr abgekühlt war, schneller von Statten gegangen zu sein und die mächtigen Schichten des Glimmerschiefers und Urthonschiefers veranlaßt zu haben, auf welche später die bis dahin im Meere aufgelöst oder suspendirt gewesene kohlensaure Kalkerde des Uebergangskalkes, mit den gleichzeitigen Thonschiefern und Grauwacken mehrmals wechselnd, abgelagert wurde. Nicht bloß Jahrtausende, nein Millionen von Jahren[1]), mögen über die Bildung dieser mächtigen Schichten vergangen sein; denn nur langsam schreitet die Verwitterung vor, sie mahnt uns schon durch ihren Wortlaut an einen unmerklichen Fortgang, und kann erst nach großen Zeiträumen sichtbare Erfolge liefern. Damit stehen auch die Formen dieser ältesten Sedimente in völliger Harmonie. Eine sehr vollständige Schieferung, ein höchst feines Korn der Bestandtheile und Mangel an Geröllen jeder Art scheinen für einen ruhigen, von Stürmen nicht unterbrochenen Fortgang der Absätze zu sprechen; sie können durch ihre Form den unwillkürlichen Gedanken nur unterstützen, daß wir in ihnen die ältesten Schlammbildungen der Gewässer unseres Erdballs anzuerkennen haben. Endlich aber störten gewaltsame Durchbrüche aus der Tiefe und die neu hervorquellenden Massen krystallinischer Materien den ruhigen, bisher nie so heftig erregten Ocean; aufgethürmte Wogen rissen die oberen noch weichen Schichten mit sich fort und führten ihre Bestandtheile nach entlegenen Fernen, sie mischend und zu einem neuen Ganzen vermengend. Allmälig beruhigten sich diese Stürme, und wie das Wasser in seinen untersten Räumen sich gesetzt hatte, schied es auch die Materien wieder ab, welche es vormals losspülte; bald lagen die schwersten Stücke der Durchbruchstrümmer auf dem Boden, Conglomerate oder Breccien (S. 43) bildend; ihnen folgten die leichteren Sandkörnchen, sich zu Sandsteinen aufhäufend, und später senkten sich dann die allerleichtesten erdigen Bestandtheile, Thon- oder Kalklager absetzend. Lang dauerte die Ruhe, welche einer solchen Ka-

---

1) Eine leichte Berechnung kann beweisen, daß so große Zahlen durchaus nicht übertrieben sind. Nehmen wir z. B. die Thätigkeit des Niles, welcher 4 Zoll Bodendicke im Jahrhundert producirte, als maßgebend an, so erhalten wir 40 Zoll oder $3^1/_2$ Fuß im Jahrtausend. Verdreifachen wir beide Zahlen, so ergeben sich 10 Fuß in 3000 Jahren, also 100 Fuß in 30,000, 1000 Fuß in 300,000, 10,000 Fuß in 3,000,000 Jahren. So stark ist aber, nach früherer Angabe (S. 161), nur die durchschnittliche Mächtigkeit der Uebergangsformation, keineswegs die Dicke der ganzen sedimentären Erdrinde. — Uebrigens soll damit nicht gesagt werden, daß jene Zahl irgend ein anderes positives Resultat ergebe, als die Unmöglichkeit beweisen helfe, das Alter der ganzen Erde nach Jahrtausenden bemessen zu wollen; Jahrtausende sind Maße für historische oder mythische Erinnerungen, in den Zeiträumen der Weltschöpfung bedeuten sie gar nichts. Wie der Weltraum nur mit Millionen von Meilen durchmessen werden kann, so zählt man im Weltalter auch nur nach Millionen von Jahren. Vergl. die 22. Note zum 9. Abschnitt.

tastrophe folgte; dafür zeugen die späteren, durch die fortschreitende Verwitterung aus neuen Materialien bereiteten Schichten; bis ein neuer Durchbruch von unten ihren fortgehenden Absatz hemmte, und durch Aufführung jüngerer, höher ansteigender Massengebilde zu neuen Verwitterungen, zu immer mannigfaltiger, weil örtlich beschränkter, werdenden neptunischen Schichten die unveränderliche Grundlage darbot. Beider Ursachen wegen nimmt die Zahl und Menge der Schichten mit dem Alter der Erde zwar zu, ihre Mächtigkeit aber und ihre Festigkeit nimmt ab, weil nicht mehr so lange Pausen zwischen den Durchbrüchen bestanden, so schnelle Verwitterung erfolgte und so große Massen auf die älteren Schichten sich legten, die sie zusammenpressen und zu einer innig an einander hängenden Materie gestalten konnten. Auch mag die Zunahme der Organismen mit jeder Periode und die Einbettung ihrer Bestandtheile in die neu entstehenden Schichten wesentlich zur eigenthümlichen Abänderung ihrer Materie und ihrer geringeren Cohärenz beigetragen haben. —

Hiernach sind es die Durchbrüche plutonischer und vulkanischer Stoffe, welche die Hauptumwälzungen bewirkten und um so größere Störungen in der ruhigen Bevölkerung des Erdballes hervorbrachten, je mächtiger sie selbst und die Erschütterungen waren, denen sie ihre Entstehung verdanken. Den Zeitraum zwischen zwei solchen Eruptionen werden wir als einen in Ruhe vergangenen Act der Schöpfungsgeschichte ansehen, und die durch gleichförmige Lagerung (S. 152) mit einander übereinstimmenden neptunischen Gebilde während desselben als ein zusammengehöriges Ganze mit dem Namen einer Formation bezeichnen dürfen. Das wäre die richtigste und natürlichste Bestimmung des Begriffes, zu dessen räumlicher Feststellung wir die großen Durchbrüche in ihrer successiven Altersfolge betrachten und demnächst untersuchen müssen, wie tief eingreifend die Resultate waren, die jeder Durchbruch herbeiführte. Schon hierin liegt die Möglichkeit einer um so beschränkteren Wirkung, je kleiner die Ursache der Umwälzung war, weshalb wir auch nicht überall auf der ganzen Erdoberfläche gleiche Resultate erwarten dürfen und oft an einzelnen Orten Schichten antreffen können, die wir an anderen vermissen; namentlich werden wir auf Differenzen des Schichtenmaterials schon in geringen Entfernungen stoßen können, und uns über diese Verschiedenheit nicht wundern dürfen, weil ja seine Qualität von sehr verschiedenen Stoffen, von den gerade hier oder dort anstehenden älteren Gesteinen, die zur Verwitterung sich darboten, abhängig ist; wir werden eben aus diesem Grunde auch gewisse Schichten hier mächtig, dort schwach finden, und an manchen Stellen die Reste von Organismen in ihnen entdecken können, die an anderen fehlen, oder in einer materiell von ihnen abweichenden Schicht uns begegnen.

Solche in der Natur selbst begründete Verschiedenheiten haben die frühere Lehre von bestimmt abgeschlossenen großen Perioden der Erdent-

wickelung und damit im Zusammenhange stehenden Formationsunterschieden immer unsicherer und unhaltbarer gemacht; sie haben vielmehr die Forscher überzeugt, daß zwar ein fortdauernder Wechsel von Ruhe und Unruhe, Bildung und Zertrümmerung, Leben und Untergang des Lebendigen angenommen werden müsse, allein die Unterschiede der Perioden in ihren Produkten nur theilweis grell erscheinen, an anderen Orten sehr allmälig in einander übergehen. Hauptabschnitte im Bildungs- und Entwickelungsgange, die man als Ruhe- und Anhaltepunkte der fortschreitenden Ausbildung des Planeten ansehen könnte, giebt es daher wahrscheinlich nicht, sondern einen überall gleichartigen, bis zur Gegenwart herab in seinen Ursachen ungeänderten, in seinen Wirkungen aber immer mehr abnehmenden, sich gleichsam erschöpfenden Fortgang, dessen Unterbrechungen nur stellenweis großartiger gewesen sein dürften als an andern Orten, aber wahrscheinlich in erster ältester Zeit überall gleichzeitig eintraten, in späterer mehr und mehr einen lokalen Charakter annahmen. —

Sehr wichtig und fast allein entscheidend sind übrigens für die Bestimmung der Zeit, wann die Formationen gebildet wurden und wie sie einander entsprechen, alle organischen Reste, welche in ihnen angetroffen werden; und daher ist das Studium der Versteinerungen allmälig der wichtigste Theil der Geognosie geworden. Es unterliegt nach allen bisherigen Erfahrungen keinem Zweifel mehr, daß nur sie über die Gleichartigkeit und Ungleichartigkeit der Schichten entscheiden können, mithin ihre Kenntniß eben für die Kenntniß der Schicht selbst eine sehr wesentliche Bedingung enthalte. Während nämlich die Schichten in ihrem Material oft sehr abweichen, bleiben die gleichzeitigen Organismen durchaus dieselben, sie mögen im reinen Kalke oder im Mergel liegen, und zeigen daher an, daß diejenigen Schichten, welche dieselben Versteinerungen enthalten, zu gleicher Zeit und nach derselben Katastrophe gebildet wurden. Freilich ist das mehr oder mindere Eingreifen der Katastrophe an verschiedenen Orten wohl zu beachten; denn dadurch wird sie ein sehr verschiedenes Resultat herbeiführen. Wo sie am heftigsten wirkte, mochte sie ohne Ausnahme alle Organisation vernichten; wo ihr Eingreifen weniger fühlbar wurde, konnten sich manche Organismen ihren nachtheiligen Folgen entziehen. Im letztern Falle ergiebt sich uns die Möglichkeit eines theilweisen Fortbestehens der Organisation trotz der Umwälzungen; was ihren Uebergang aus einer Periode in die andere, welcher die Unterscheidung derselben als verschiedene Perioden bedenklich macht, erklären würde. Seitdem man in neuerer Zeit auf die organischen Einschlüsse der Schichten mit viel mehr Fleiß geachtet, mit größerer Sorgfalt sie untersucht hat, um so mehr ist die Richtigkeit und Allgemeinheit der berührten Thatsache hervorgetreten, und um so unsicherer die frühere Annahme von bestimmt abgeschlossenen Formationen geworden. Auch von der Gegenwart und der zunächst vorhergegangenen, durch eine große Umwälzung von ihr getrennten Zeit gilt dies. Zwar scheinen die

größeren Landthiere während der Katastrophe vernichtet worden zu sein, und nur der Mensch, wenn er anders wirklich schon zu jener Zeit gelebt hat, was sehr zu bezweifeln ist, sich gerettet zu haben; allein unter den niederen Thieren, und besonders unter den Wasserbewohnern, treffen wir auf eine Menge von Arten, welche die Gegenwart mit jener jüngsten Vorzeit gemein hat. Darum ist es kaum noch erlaubt, die großen Perioden der Schöpfung fernerhin bei wissenschaftlicher Betrachtung festzuhalten, und von ihnen wie von Abschnitten zu reden, in denen etwa die Erde von ihrer Arbeit einmal wieder ausruhte und sich eine neue Idee der Organisation entwarf, nachdem die alte als unbrauchbar verworfen und vernichtet worden; es scheint vielmehr die Entwickelung unseres Planeten stets in gleicher Weise fortgeschritten zu sein, und ohne andere als heutige Ursachen anfangs heftigere, im Laufe der Zeiten schwächer und schwächer gewordene Eruptionen die mit jeder späteren Umwälzung mehr veränderte Beschaffenheit des Erdballes, welche wir als Hauptursache für die Umänderungen an der Gestalt der Organismen betrachten müssen, herbeigeführt zu haben; denn die Grundidee derselben war von vorn herein gefaßt, und ist durch alle Zeiten in ihrer wesentlichsten Eigenthümlichkeit sich gleich geblieben. Das wird sich uns bei übersichtlicher Betrachtung der Organisation weiter am Schluß ergeben. Bevor wir uns dazu wenden können, scheint es aber nöthig zu sein, die Succession der Schichten, so weit es ohne näheres Eindringen in die organischen Eigenthümlichkeiten derselben möglich ist, anzugeben und die einzelnen ihrem relativen Alter nach zu bestimmen.

A. G. Werner, dessen schon früher als eines ersten Begründers der heutigen geologischen Kenntnisse gedacht wurde, nahm drei Hauptbestandtheile der Erdrinde an, welche er als Urgebirge, Flötzgebirge und aufgeschwemmtes Land bezeichnete. Die Periode der Urgebirge umfaßte alle älteren massigen und abnormen Gesteine; die Flötzperiode alle geschichteten normalen, und das aufgeschwemmte Land die jüngsten Schichten vor der Gegenwart. Von diesen drei Abschnitten zerfiel der mittlere, die Flötzformationen umfassend, wieder in mehrere Unterabtheilungen; namentlich wurden die untersten Schichten von den krystallinischen Schiefern aufwärts bis zur Grauwacke, die letztere mit eingerechnet, Uebergangsformation genannt, und zwischen den darauf folgenden Gliedern der Flötzgebilde eine dreifache Verschiedenheit durch die Namen ältere, mittlere und jüngere Flötzformationen festgesetzt. Im Auslande fanden jedoch diese deutschen Benennungen Widerspruch; man verlangte nach allgemein verständlichen Ausdrücken, und nannte die Gebilde der Uebergangsformation, mit Hinzufügung alles dessen, was unter den Steinkohlen liegt, primäre Schichten, die sämmtlichen Glieder der Flötzformationen secundäre, und die jüngsten Sedimente aus den Zeiträumen vor der Gegenwart tertiäre. Auch diese Eintheilungen genügen bei weiterer Untersuchung nicht, weil in jedem Gliede der drei Hauptab-

schnitte vielfach verschiedene Straten auftreten, deren Unterschiede sowohl von den Materien, aus denen sie bestehen, als auch von den organischen Resten, die sie enthalten, herrühren; im Allgemeinen jedoch früher mehr nach den materiellen Unterschieden, als nach den Versteinerungen, bestimmt zu werden pflegten. Neuerdings indessen haben die beiden Bestimmungsgründe ihre Bedeutung gegenseitig vertauscht, besonders seitdem man immer mehr zu der Ueberzeugung gelangt, daß die materielle Grundlage minder wichtig ist für die Erkennung einer Formation, als die Uebereinstimmung ihrer Versteinerungen, und daß sie mit größerem Rechte den Hauptanhaltepunkt hergeben müssen. Den Werth, welchen ein Petrefact unter solchen Umständen erlangen kann, fassen wir zusammen im Begriff der Leitmuschel, d. h. einer versteinerten Thierhülle, die, wo sie auch angetroffen wird, das entschiedenste Zeugniß über die Formation ablegt, zu welcher ihr neptunisches Muttergestein gehört. Leitmuscheln zu bestimmen und in ihre richtigen räumlichen wie zeitlichen Grenzen einzuschließen, ist eine der wichtigsten Bestrebungen bei den gegenwärtigen geologischen Untersuchungen. Wir werden daher auf das Material der Formationen kein großes Gewicht legen, wir werden in allen Kalksteine, Sandsteine, Mergel, Thonlager und Gemische mehrfacher Art im bunten Wechsel mit einander antreffen, und uns immer durch ihre organischen Beischlüsse erst recht überzeugen, in welche Zeit die Periode ihrer Entstehung fallen müsse. Wenn wir demnach, ohne auf diesen Gehalt schon jetzt zu sehen, eine kurze Uebersicht der sedimentären Schichten mittheilen, so geschieht dies nur, um unsere Leser mit ihrer Reihenfolge, wie sie genauere Untersuchungen festgestellt haben, bekannt zu machen; zu einer nähern Begründung und Schilderung ihrer Eigenheiten, wie der Perioden überhaupt, denen sie angehören, können wir uns erst dann wenden, wenn wir die Organismen, welche den Erdkörper bewohnen und vormals bewohnten, in ihren wichtigsten allgemeinen Eigenschaften kennen gelernt haben. —

1. Paläozoische Gruppe.

Als das älteste und unterste Glied der neptunischen Schichten erscheint überall, wo solche Niederschläge entwickelt sind, eine Reihe stark thoniger, feinkörniger und sehr harter Gesteine, welche mit ähnlichen Kalken, oder thonigen Sandsteinen wechseln, und durch die Feinheit ihres Kornes eben so sehr, wie durch die Regelmäßigkeit ihres Schichtenabsatzes auf einen weiten, gleichmäßiger tiefen, nicht sehr bewegten Ocean hinweisen, aus dem sie sich langsam absetzten. Sie werden, wenigstens in Deutschland, gewöhnlich unter dem Namen der Grauwackenformation zusammengefaßt oder führen noch den alten Werner'schen Namen Uebergangsformation, obgleich die Engländer und Franzosen den Ausdruck pri-

märe Schichten lieber in Anwendung bringen, diesen aber kürzlich wieder gegen die Bezeichnung: Paläozoische Gebilde, nach Murchison's Vorgange, vertauscht haben. Man rechnet dahin alle entschieden neptunischen Produkte unter der Steinkohlenformation, als deren tiefste Schicht wir später den Bergkalk betrachten werden, seitdem der alte rothe Sandstein (old red der Engländer) als oberstes Glied zur Grauwackenformation hinübergenommen ist. Neuere sorgfältige Untersuchungen von Sedgwick und Murchison in England haben nämlich gelehrt, daß die überaus mächtigen, daselbst angeblich 12 bis 20,000 Fuß starken paläozoischen Schichten in mehrere Unterabtheilungen gebracht werden müssen, von denen die unterste Gruppe (Cambrisches System) noch keine Versteinerungen enthält, während die mittlere (Silurisches System) an ihnen sehr reich ist, und die obere (Devonisches System), minder reiche, sich besonders durch ihre organischen Einschlüsse und die hellere, oft rothbraune Farbe von den meist schwarzbraunen oder schwarzgrauen tieferen Gesteinen unterscheidet. Wir wollen auf die weitern Unterschiede dieser Abtheilungen später eingehen, nachdem wir zuvor die gewöhnlichsten Glieder der Grauwackengruppe in ihren materiellen Eigenschaften betrachtet haben. —

Das älteste Glied der ganzen Formation scheint in der Regel der Thonschiefer zu sein, eine sehr feste, harte, homogene Thonmasse von brauner, schwarzer, grünlicher oder grauer Farbe, die einstimmig als ein Verwitterungsprodukt, „als der erste Wasserschlamm des anfangs noch heißen, später temperirten Weltmeers“ betrachtet wird. Er ist ein mächtiges und sehr allgemein verbreitetes Gestein, das in seinen untersten, zum Theil schwach krystallinischen Straten, dem Urthonschiefer, noch keine Versteinerungen enthält, und sich durch die Grade der Schieferung mehrfach unterscheidet. Schichten von rein schwarzer Farbe und sehr deutlicher, aber falscher (S. 185) Schieferbildung geben den Tafel- oder Dachschiefer; fein erdige, doch mehr in sich fest zusammenhängende Straten werden als Wetzschiefer aufgeführt, und wie jene zu Schreibtafeln und Dächern, so diese zu Schleifsteinen benutzt. Der schwarze verdankt seine Färbung fein zertheilter, mit der Thonerde gemischter Kohle, die auf organische Substanzen hinweist; der braune ist eisenhaltig und der häufigste; stellenweis wird der Thonschiefer auch grünlich. Oefters ist er innig mit Schwefelkies gemischt, und eignet sich dadurch zur künstlichen Darstellung des Alauns, einer Verbindung von schwefelsaurer Thonerde mit schwefelsaurem Kali. Auf diesen deshalb Alaunschiefer genannten Thonschiefer wird mit Erfolg Bergbau betrieben. Erzgänge und Lager kommen ebenfalls im Thonschiefer vor, und manche sind von besonderer Mächtigkeit, wie das große Lager des Rammelsberges bei Goslar. —

Nächst dem Thonschiefer ist das allgemeinste Gestein dieser Gruppe die Grauwacke, ein inniges Gemisch feiner Quarzkörner und Thonerde von

nicht geringerer Festigkeit. Sie hat eine mehr lichte, grauliche, braune, selbst röthliche Farbe, ist rauher, zäher als der Thonschiefer, minder deutlich geschichtet, und im Ganzen reicher an Versteinerungen. Je nach den Antheilen von Sand und Thon in ihr hat sie bald mehr das Ansehen eines sandigen Thonschiefers, oder das eines thonigen Sandsteines, und geht stellenweis in fast reinen Quarzsand über. Bei deutlicherer Schieferung wird sie Grauwackenschiefer genannt, oder, wenn die einzelnen Quarzkörner ihre Begrenzung verlieren und als Kieselmasse von Thon durchdrungen auftreten, Kieselschiefer; an einzelnen Stellen bildet sie Conglomerate, indem sie Bruchstücke krystallinischer plutonischer Gesteine umschließt. Die Anwesenheit solcher Bruchstücke in ihr beweist, daß zur Zeit der Grauwackenbildung schon Eruptionen stattgefunden hatten, und Züge massiger Gesteine über das geschichtete Niveau hervorragten.

Das dritte Hauptgestein der Grauwackengruppe ist ein sehr fester, harter, derber Kalkstein, welcher zum Unterschiede von späteren Gebilden ähnlicher Art mit dem Namen Grauwackenkalkstein oder Uebergangskalk belegt wird. Im Ganzen hat er eine mindere Mächtigkeit, als Thonschiefer und Grauwacke, aber erreicht dennoch stellenweis bedeutende Ausdehnung. Seine Farbe wechselt sehr, bald ist sie tief schwarz von beigemengter Kohle, wie der Tafelschiefer, bald gelblichgrau, bald bläulichgrau. Namentlich in ihm liegen die meisten Versteinerungen der Grauwackengruppe. Er scheint darnach allerdings, was einige Geognosten von allen Kalklagern behaupten, eine vorzugsweise aus organischen Resten bestehende Schicht zu sein, deren heutige Form zwar nicht das unmittelbare Produkt der Organismen sein kann, deren Material aber von ihnen aus dem Meere abgesondert und durch spätere Zerstörung der organischen Materie auf's Neue in eine sedimentäre Masse verwandelt wurde. Denn daß die Kalkerde im Vergleich mit den übrigen Materien der Schichten um so mehr zunimmt, je jünger die Formationen sind, ist eine allgemein anerkannte und für ihren organischen Ursprung sehr günstige Thatsache; obgleich andererseits die Mischung mit Talkerde zeigt, daß der Uebergangskalk nicht ein organisches Produkt ist, weil die Thiere nur kohlensaure Kalkerde, aber keine kohlensaure Talkerde fixiren. Der Grauwackenkalkstein pflegt übrigens stellenweis viel mächtiger zu sein, als an anderen Orten, und während er hier mit Grauwackenschichten wechsellagert, dort fast allein aufzutreten. Die Ursachen dieser Verhältnisse sind noch nicht sicher ermittelt, sie zeigen aber auf lokale Unterschiede hin, und deuten an, daß die Grauwacke nicht etwa früher entstand als der Kalkstein, sondern daß beide gleichzeitige Gebilde sind. Vielleicht waren verschiedene, in entgegengesetzten Richtungen mit einander wechselnde Strömungen die Ursache des Wechsels der Schichten; während Orte, wo kein solcher Wechsel sich findet, und Kalk oder Grauwacke rein auftreten, als die Herde dieser Bildungen und als diejenigen Punkte angesehen werden könnten, wo die Kalk absondernde

Thätigkeit der Meerthiere sich besonders concentrirt habe. Solcher Strömungen und Bildungen verschiedenartiger Niederschläge hinter einander werden wohl mehrere in constanter Folge angenommen werden müssen, da sich die Versteinerungen derselben nicht etwa in bunter Mischung durch einander finden, sondern jede Schicht ihre eigenthümlichen Organismen besitzt. Hierauf, und stellenweis auf einer abweichenden Lagerung der unteren Schichten gegen die oberen, beruhen die Unterschiede, welche englische Geognosten in der Grauwackengruppe festgestellt haben. —

Das unterste oder Cambrische System umfaßt die tiefsten Grauwackenglieder, welche noch gar keine Versteinerungen enthalten (daher azoische Gruppe), mit einem allermeist rothen Thonschiefer, dem Kalkstein folgt, beginnen und mit Sandsteinen von hellerer Farbe schließen. In England, wo Cambrische Schichten am Nordwestende von Wales, dem Wohnsitze der alten Cambrier, deren Namen man auf sie übertragen hat, deutlich zu Tage gehen, den hohen Schiefergipfel des Snowdon bildend, sind sie abweichend gegen die über ihnen liegenden Schichten gelagert, und in ähnlicher Beziehung stehen die Cambrischen Schichten der Bretagne zu den Silurischen; aber im mittleren und östlichen Europa scheinen ihnen correspondirende Grauwackenglieder zu fehlen, wenn nicht der blaue Thon ohne organische Reste, welcher als das tiefste Gebilde der Uebergangsformation in Rußland auftritt, für ein Aequivalent derselben angesehen werden muß. —

Die darauf folgenden versteinerungsreichen Schichten bilden das Silurische System der Engländer, und verbreiten sich auf der britischen Insel über Westmoreland nebst dem größten Theile von Wales bis zur Südspitze hinunter, ihren Namen von den Siluriern, den alten Bewohnern dieser Gegenden, entlehnend. Unter sanfterer Neigung zum Theil den Köpfen der Cambrischen Gesteine aufgelagert, fallen sie gewöhnlich nach Südosten und streichen von SSW nach NNO, sich westwärts immer mehr zum Westen wendend. Die mächtige Entwickelung dieser Gebilde, besonders aber ihre große Mannigfaltigkeit, welche sowohl aus den Versteinerungen, als auch aus dem Schichtenmateriale hervorgeht, haben eine fernere Sonderung in untergeordnete Gruppen nothwendig gemacht, und zuvörderst in England die Trennung einer unteren von der oberen Abtheilung veranlaßt. Jene beginnt als dunkelfarbiger, bisweilen stark sandiger und glimmerreicher Thonschiefer (Llandeilo-flags), womit bald hellere, bald dunklere Kalksteine wechseln, und geht später in eine hellere, oft sehr sandige Grauwacke (Caradoc sandstone) über, der gleichfalls kalkige Lagen untergeordnet sind. In der oberen Abtheilung bilden die Schiefer und Kalke aus den Umgebungen von Wenlock, zu denen auch der isolirt in weiter Entfernung von ihnen anstehende plattenförmige Dudley-Kalk gehört, das unterste Glied; worauf die Schieferschichten von Ludlow, mit dem mächtigen Aymestry-Kalk als oberstes Glied den Schluß der

Silurischen Formation machen. Sandige glimmerführende Grauwacken in den Umgebungen des genannten Städtchens sind als das Ausgehende derselben zu betrachten. — Auf dem europäischen Festlande lassen sich zwar im Allgemeinen ähnliche Verhältnisse nachweisen, allein eine sichere Reduction der verschiedenen Schichten auf einander ist zur Zeit noch nicht ausführbar. Im Ganzen scheinen wenigstens in den Ardennen, dem großen rheinischen Schiefergebirge von Bingen bis Bonn, dem Harze, fränkischen Schiefergebirge und Riesengebirge — lauter Gegenden, deren Gesteine zum Theil aus gleichartig streichenden und einfallenden Grauwackengliedern bestehen — die unteren Abtheilungen der Silurischen Formation zu fehlen, und erst die jüngeren, vom Dudley-Kalke aufwärtssteigenden entwickelt zu sein. Ueberraschender noch als diese Thatsache klingt aber die Annahme, daß nicht, wie in England, die nördlichen Glieder der Schichtenfolge älter sind, als die südlichen, ihnen aufgelagerten; sondern gerade umgekehrt die südlichen für älter gehalten werden müssen, als die nördlichen. Dafür scheinen wenigstens im Harze und rheinischen Schiefergebirge entschiedene Thatsachen zu sprechen. Anders dagegen verhalten sich die weiter östlichen und nördlichen Grauwackensysteme, zunächst das böhmische, welches über das ganze Flußgebiet der Beraun sich verbreitet, und an der Moldau die unmittelbaren Umgebungen Prags bildet, — eine langgezogene, von SSW nach NNO streichende Mulde darstellend, deren Schichtenfolge durch tiefe Flußeinschnitte mannigfach bloßgelegt ist. Hier lassen sich die Aequivalente der Llandeilo-flags in dichten schwarzgrauen Grauwackenschiefern und die Caradoc-Sandsteine als gelbbraune, sehr sandige Grauwacke nicht verkennen; analoge Versteinerungen, den sämmtlichen Transitionsschichten des übrigen Deutschlands in dieser Form fehlend, beweisen ihre Identität aufs Entschiedenste. Eben so wenig vermißt man die Wenlock- und Ludlow-Formationen; mächtige schwarzgraue Kalke, welche nach ihren organischen Beischlüssen in zwei Etagen zerfallen, und in der obern immer mehr kieselige Bestandtheile aufnehmen, je jünger sie sind, vertreten ihre Stelle. Noch deutlicher wird der Parallelismus mit den englischen Schichten in Rußland, wo am Südrande des Finnischen Meerbusens, weit über Petersburg hinaus bis zum Onega-See, die Grauwackenformation unmittelbar unter Diluvialgebilden mit fast horizontaler Stellung ihrer Schichten daliegt; in gleicher Weise über die Inseln Oesel und Gottland durch einen Theil des südlichen Schwedens, an den isolirt dastehenden Bergen der Kinnekulle, des Billingen, Mösseberg u. s. w., und in Norwegen am Christiania-Fiord sich hinziehend. Ueberall folgt hier dem blauen, selbst plastischen Thon, welchen wir früher zum Cambrischen System rechneten, ein hellfarbiger lockerer Sand mit zahllosen Brachiopoden (Unguliten) und ein schwarzer Alaunschiefer, dessen Versteinerungen denen der Llandeilo-flags entsprechen. Mächtige grünlichgraue, bei Christiania sogar schwarze Kalksteine, ruhen

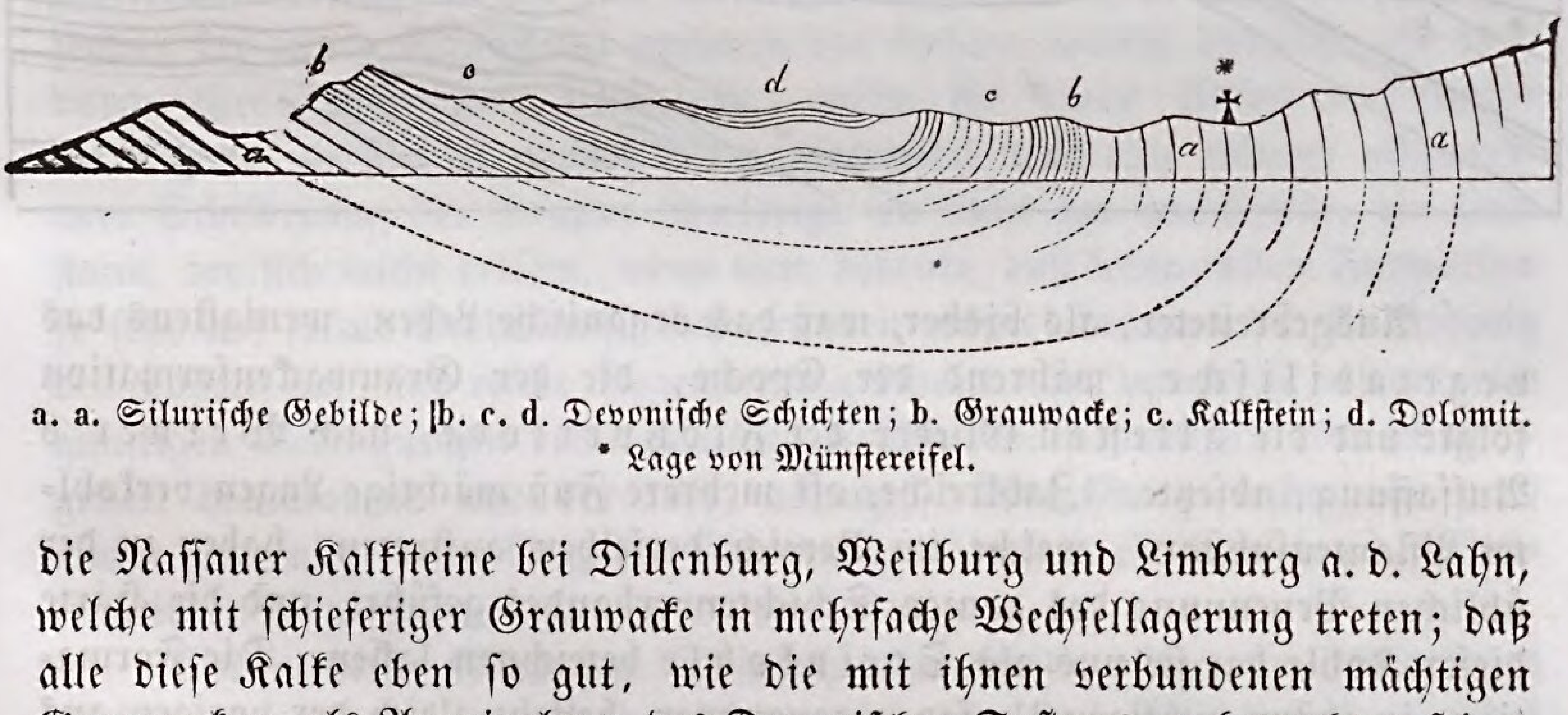
auf dem Alaunschiefer und vertreten die Stelle des Caradoc-Sandstein, erscheinen also in einem von dem seinigen sehr verschiedenen Materiale. Ihnen folgt ein sandiger Thon- oder Mergelschiefer von gelbgrauer Farbe mit den Versteinerungen der Wenlock-Schichten, den man bisher nur in Schweden, aber nicht in Rußland beobachtete, und weiter als bis zu ihm reichen die Grauwackenglieder Skandinaviens nicht; nur auf Gottland ist noch ein jüngerer, sehr versteinerungsreicher Kalkstein vorhanden, der den Ludlow-Gebilden zu entsprechen scheint. — Während also das nordöstliche Europa in nicht gar großer Entfernung von England, ganz andere Verhältnisse, als letzteres, uns darbietet, zeigt sich jenseits des atlantischen Oceans, westlich von den Alleghanys im Gebiete des Ohio und Mississippi, eine sehr ähnliche, größtentheils auf die nordeuropäischen Schichten reducirbare Reihenfolge von Uebergangsgebilden; freilich aber keine ganz genaue Gleichheit des Schichtenmaterials, sondern nur eine gewisse allgemeine, durch Identität oder Analogie der Versteinerungen wie der horizontalen Ablagerung unterstützte Aehnlichkeit. Auch in Südamerika, am Kap und in Neu-Holland haben sich Silurische Transitionsschichten an ihren charakteristischen Versteinerungen, besonders den ihnen eigenthümlichen Trilobiten[2]), zu erkennen gegeben, und gerade in der Aehnlichkeit die große Uebereinstimmung nachgewiesen, welche während ihrer Bildung in den äußeren Verhältnissen des gesammten Erdballes stattfand. —

Die obersten, jüngsten Glieder der Grauwackenformation bilden das dritte oder Devonische System, eine Reihe von Kalk-, Mergel- und Sandstein-Schichten begreifend, welche durch ihre dunkel rothbraune Farbe zu der englischen Benennung Old red geführt haben. Sie verbreiten sich in England am südlichen Rande von Wales durch Devonshire, das ihnen den Namen gab, bis zum Thale des Severn, umfassen besonders das Wassergebiet des Weye, und werden fast an ihrer ganzen östlichen und südlichen Grenze von der Steinkohlenformation überlagert. In Deutschland sind die rothen Sandsteine gar nicht entwickelt, vielmehr vertritt eine wahre Grauwacke mit hellfarbigen Kalksteinen ihre Stelle; beide folgen auch in ihrer Lagerung genau den Silurischen Schichten, und sind von ihnen nirgends sehr scharf gesondert. In England dagegen schließen die rothen Sandsteine ähnliche gefärbte Kalke ein, und mit ihnen wechseln nach unten bunte Mergel oder grünliche Schiefer. Zugleich lagern die Devonischen Schichten an einigen Orten (in Cumberland) sogar abweichend auf den Silurischen, mit grobkörnigen Conglomeraten über ihre Köpfe weggreifend, und kommen in der Schichtung dem Streichen und Fallen der Kohlengebilde nahe. Man sieht daraus aufs Entschiedenste, wie örtlich die Störungen der Eruptionen schon damals waren, und wie wenig sich ihre Wirkungen

---

2) Die organischen Gestalten werden im 24., 25. und 26. Abschnitt ausführlicher geschildert und sind deshalb hier bloß namhaft gemacht. —

oft in die Ferne erstreckten. Während in England das Devonische System eine Mächtigkeit von 10,000 Fuß erreichen soll, war seine Anwesenheit auf dem Continent, wegen der ganz abweichenden Bildung, bis vor Kurzem noch unbekannt; ja während dort die Kalke eine untergeordnete Rolle spielen und weit durch die rothen Sandsteine vom Bergkalk getrennt werden, erreichen sie in Belgien und Westphalen eine bedeutende Ausdehnung, und schließen sich so innig an den Kohlenkalk, daß die Feststellung einer Grenze zwischen beiden große Schwierigkeiten darbietet und lange Zeit völlig übersehen war. Erst durch Sedgwick's und Murchison's Besuch in Deutschland [3]) wurden wir auf die Verschiedenheit beider Kalklager aufmerksam gemacht, und seitdem haben einheimische Forscher erkannt, daß nicht bloß die westphälischen Kalke, welche vom Rhein her über Elberfeld, Limburg, Iserlohn, Balve, bis nach Brilon sich hinziehen, dem Devonischen System angehören, sondern auch die muldenförmig den Silurischen Schichten eingelagerten Eifeler Kalksteine, deren nördlichsten von Soetenich an der Rör nach NO bis zur Erft sich erstreckenden Zug das eingeschaltete Profil im Querschnitt aus der Gegend von Münstereifel darstellt; ferner



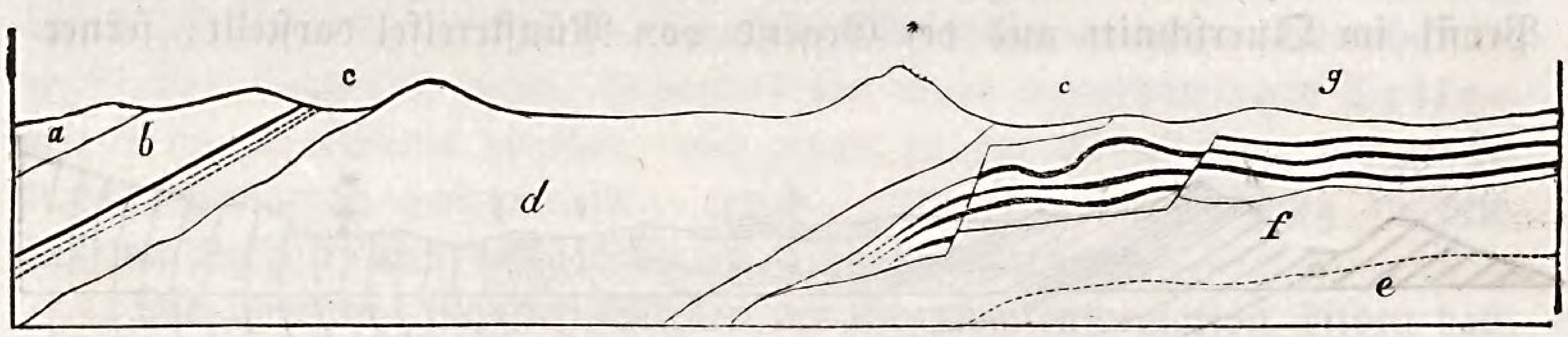
a. a. Silurische Gebilde; b. c. d. Devonische Schichten; b. Grauwacke; c. Kalkstein; d. Dolomit.
* Lage von Münstereifel.

die Nassauer Kalksteine bei Dillenburg, Weilburg und Limburg a. d. Lahn, welche mit schieferiger Grauwacke in mehrfache Wechsellagerung treten; daß alle diese Kalke eben so gut, wie die mit ihnen verbundenen mächtigen Grauwacken, als Aequivalente des Devonischen Systems zu betrachten seien. Ob es am Harz Devonische Kalkschichten gebe, scheint noch nicht ermittelt zu sein, aber die versteinerungsreichen Grauwacken des Oberharzes und die Thonschiefer von Goslar werden für Devonische gehalten. Im fränkischen Schiefergebirge gehören die durch den Grafen v. Münster berühmt gewordenen Kalke von Elbersreuth in dieselbe Zeit, und in Böhmen darf man vielleicht die obersten Kalke der dortigen Grauwackenglieder eben dahin rechnen. Sehr weit ist das Devonische System in Rußland verbreitet;

3) Man vergleiche: Ueber die älteren oder Paläozoischen Gebilde im Norden von Deutschland und Belgien u. s. w., von Sedgwick und Murchison. Aus dem Englischen von G. Leonhard. Stuttgart 1844. 8. Wir haben dieser Schrift unsere meisten Angaben und das beigegebene Profil entnommen.

die waldaischen Hügel, die Höhen, an denen Düna und Wolga entspringen, und wahrscheinlich ganz Liefland werden von Schichten desselben gebildet. Skandinavien scheint ihrer zu ermangeln, während Nordamerika sie in weiter Erstreckung rund um die großen Kohlengebiete, welche am Ohio von Susquehanah bis zum Tenesse, in Illinois und Michigan mit erstaunenswerther Mächtigkeit sich ausbreiten, sehr vollständig entwickelt hat. Reste gewisser höchst eigenthümlich gestalteter Fische mit theils hohlknochigem robustem Körperbau, theils großen schaalenartigen Panzern und flachgedrücktem Rumpfe, die Coelacanthinen und Cephalaspiden genannt wurden, sind für das Devonische System höchst charakteristische, seine Anwesenheit augenblicklich verrathende Versteinerungen; sie offenbaren uns zugleich die höchste und allerdings sonderbare Entwickelung des Rückgrattiertypus in damaliger Zeit. —

2. Kohlen-Gruppe.



Ausgebreiteter, als bisher, war das organische Leben, wenigstens das vegetabilische, während der Epoche, die der Grauwackenformation folgte und die ältesten Glieder der Flötzperiode, nach Werner's Auffassung, absetzte. Zahlreiche, oft mehrere Fuß mächtige Lagen verkohlter Pflanzensubstanz, welche im Bereich derselben auftreten, haben zu der üblichen Benennung des ganzen Schichtenverbandes geführt, und die Härte dieser Kohle hat sie uns als Steinkohle bezeichnen lassen. Die Formation, in ihrem richtigen Umfange genommen, besteht gleich der vorigen aus Kalksteinen, Thonschichten und Sandsteinen, welche die Kohlenlager zwischen sich nehmen, mit ihnen in mehrfacher, selbst hundertmaliger Abwechselung wiederkehren, und nach unten wie nach oben von den Massen des einen oder des anderen Sedimentes begrenzt werden. Indeß findet darin keine allgemeine Uebereinstimmung statt; bald sind mächtige, meist weiße Kalksteine das Liegende, während hellfarbige Sandsteine und dunkle Schiefer mit den Kohlenflötzen abwechseln, wie es im südlichen England Regel ist; bald treten dieselben Kalksteine schon mit den Kohlenschichten in unmittelbare Wechsellagerung, wie im nördlichen England, auf Spitzbergen, der Bären-Insel und Nowa Zembla: Orte, an denen neuere Forschungen die weite Verbreitung einer gleichzeitig entstandenen mächtigen, die südlichern Kohlenbecken an Alter übertreffenden Kohlenmulde nachgewiesen haben.

Gewöhnlich scheidet ein grobkörniger Sandstein, den die Engländer Millstone-grit nennen, die Kohlenflötze vom Kalke unmittelbar, oder mittelst eines schwarzen Alaunschiefers, wie in Belgien und Westphalen, wo der untergelagerte Sandstein nach seinem Mangel an Kohle als flötzleerer Sandstein bezeichnet wird. Eigenthümlicher sind die Lagerungsverhältnisse der Steinkohlen in Mitteldeutschland, besonders in Thüringen und bei Halle; obgleich die sonderbarste Anomalie derselben, ihre sogenannte Einlagerung in das Rothliegende, durch spätere Forschungen als eine irrthümliche Annahme sich ergeben hat. Bei wechselnder Mächtigkeit von 200—500 Fuß besteht die Formation hier, wie an anderen Orten, aus weißlichen Sandsteinen, schwarzen Schieferthonen und Kohlenflötzen; aber nur aus 3—4 bauwürdigen, zwischen 8 Zoll und 6 Fuß Stärke schwankenden. Unter ihnen liegt kein Kalkstein, sondern eine rothbraune glimmerige Grauwacke, welche dem Devonischen System angehört, und für Rothliegendes gehalten wurde; oben pflegt ein schwacher, oft conglomeratartiger Kalkstein die Formation abzuschließen und vom Rothliegenden, das ihm folgt, zu trennen[4]). Hier fehlt also der mächtige Bergkalk, den seine zahlreichen Conchylien als eine Meeresbildung ausweisen, gänzlich; dagegen zeugen die feinen Sandsteine zwischen den Kohlen sowohl dadurch, als auch durch ihre organischen Beischlüsse, mehr für einen Absatz aus süßen Gewässern. — Bei so großer Mannigfaltigkeit wird eine weitere allgemeinere Schilderung der Gruppe schwierig, wo nicht gar unmöglich; ein Umstand, der sich leicht erklärt, wenn man bedenkt, daß keine andere Formation so sehr auf lokale Verhältnisse sich gründen mußte; insofern die Entstehung der Kohlen an eine reiche Vegetation gebunden war und diese wieder von günstigen Bedingungen des damaligen Festlandes, namentlich vom Wassergehalt des Bodens und der Luft, abhing. Wir können daher nur noch einige ganz allgemeine Angaben über die gewöhnliche Reihenfolge der Kohlenglieder hinzufügen.

Das unterste Glied der Steinkohlenformation pflegt ein hellfarbiges Kalksteinlager zu sein von durchschnittlich 900 Fuß Mächtigkeit, welches zuerst genauer im nördlichen England studirt wurde, und wegen seiner hügeligen Oberfläche daselbst den Namen Bergkalk (mountain limestone) erhielt; früher hieß es, nach Werner's Methode, jüngerer Uebergangskalk. Es ist reich an Meeresversteinerungen, besonders Korallen und Muscheln (Brachiopoden), die stellenweis den Kalk ganz und gar bilden; Eigenschaften, welche sehr an die Verhältnisse des Uebergangskalk-

4) Der umstehende Holzschnitt giebt eine Ansicht dieses Kohlengebirges aus dem Wettiner Revier bei Halle. a. Bunter Sandstein; b. Kupferschiefergebirge; c. Porphyrtrümmer und Rothliegendes; d. der (jüngere) Porphyr über den Kohlen mit dem Schweizerling*; e. muthmaßlicher (älterer) Porphyr unter den Kohlen; g. Steinkohlengebirge mit 3 verworfenen und am Ende verdrückten Flötzen, 200′ mächtig; f. Liegendes der Steinkohle (Devonische Schichten?).

steins erinnern, und eben deshalb an Orten, wo die zwischengelagerten rothen Devonischen Sandsteine fehlen, die Unterscheidung beider schwierig machen. Der Mangel Luft athmender Rückgratthiere und die gleichzeitige Anwesenheit der in allen späteren Perioden eben so wenig, wie in der gegenwärtigen Schöpfung, vorhandenen Trilobiten; Krebse, welche sich nach Art einiger Süßwasserbewohner der Gegenwart nur schwimmend bewegen konnten, macht den hauptsächlichsten zoologischen Charakter des Uebergangs- und Bergkalkes aus.

Die eigentlichen Steinkohlenschichten finden sich über dem Bergkalke, mit Straten abwechselnd, die vom Bergkalke wesentlich verschieden sind. Sie bilden im Ganzen nicht sehr mächtige, in der Regel einige (gewöhnlich 4—6, sehr selten 10—20) Fuß dicke Lagen, die mehrmals (50-, 60-, selbst bis 120 mal[5]) in verschiedener Stärke über einander auftreten und dann durch Thonschichten, seltener durch Sandsteinschichten getrennt werden. Die Thonschichten führen den Namen Kohlenschiefer oder Schieferthon, sind grau von Farbe, und zeichnen sich durch den außerordentlichen Reichthum von Pflanzenabdrücken aus, den man in ihnen findet; daran sind sie immer leicht zu erkennen. Die Kohlensandsteine sind ebenfalls grau, meist feinkörnig, und enthalten, wie die früheren Sandsteine, hie und da Bruchstücke älterer Gesteine. Durch einen Reichthum von Pflanzenabdrücken, die auch in ihnen, wenn gleich weniger allgemein, vorkommen, sind sie ebenso kenntlich, wie der Kohlenschiefer. Alle drei Schichten wechseln in unbestimmter Ausdehnung mit einander und bilden mächtige Flötze, die besonders in muldenförmige Vertiefungen zwischen parallelen Bergzügen oder in die Winkel sich treffender eingelagert sind, und an vielen Stellen die auffallendsten Zerknickungen ihrer Schichten unter einander darstellen; Verhältnisse, die auf große Veränderungen ihrer ursprünglichen Lagerung hinweisen. Sie entstanden ohne Zweifel aus vorweltlichen Pflanzen, welche an flachen Küsten neben Strommündungen wuchsen und zum Theil, wie gegenwärtig an den Mündungen vieler kleinen Flüsse der Tropenzone, auf dem Brackwasser schwimmen mochten. Diese vegetabilischen Schichten sanken unter, sei es durch das eigene Gewicht, sei es durch die Gewalt andrängender Fluthen begraben, und wurden vom angeschwemmten Sande oder Thon bedeckt, den das über sie wegfließende Meer herbeiführte. Inzwischen bildete sich vom Ufer aus eine ähnliche Pflanzendecke, die denselben Bedingungen, wie die vorige, erlag; das Wasser begrub auch sie unter seinen mechanischen Beimengungen; und der alte Hergang nahm

5) Das Saarbrücker Kohlenrevier, das mächtigste und größte auf dem europäischen Festlande, zeigt so viele Schichten, wobei die unter einem Fuß starken noch nicht einmal mitgezählt sind. Seine Grenze nach unten zu ist gar nicht bekannt, weshalb es fraglich bleibt, ob es auf Bergkalk ruht; nach oben schließen schon rothe Sandsteine die Kohlenschichten ein.

aufs Neue seinen Anfang [6]). Sicher trugen die vom Festlande herkommenden Ströme, welche entwurzelte Vegetabilien mit sich führten, zur Bildung der Kohlenlager bei, wenigstens scheint diese Annahme in den Fällen die natürlichste zu sein, wo wir Süßwasser-Muschelschaalen, angeblich Unionen, in den zwischengelagerten Sandsteinen antreffen; beide Ursachen bewirken vereint den so oft wiederkehrenden Wechsel von Kohle und Erdreich, der sich an den Flötzen wahrnehmen läßt. Im Ganzen muß aber die Bildung der Kohlen führenden Schichten ruhig von Statten gegangen und ohne große Versetzungen der Vegetabilien erfolgt sein; denn allem Anschein nach wuchsen die Pflanzen eben da, wo sie noch jetzt als Kohle liegen; dies bezeugen namentlich die senkrechtstehenden Stämme, welche man in mehreren Flötzen gefunden hat. Eben deshalb finden wir die zwischengelagerten Schiefer, und besonders die Sandsteinschichten, mächtiger, als die Kohlenschichten; letztere erreichen dagegen in ihrem verschiedenen Niveau eine sehr ungleiche Dicke und erscheinen bald in den unteren, bald in den oberen Theilen des ganzen Flötzes schwächer; auch pflegen in Flötzen, wo die Schichten vielmals wechseln, dieselben dünner zu sein als da, wo nur wenige, aber dafür desto stärkere Schichten auftreten. Alles dies zeigt auf einen, durch mehrmaliges Anschwemmen bedingten Ursprung hin, und weist nach, daß im ersteren Falle viele kleinere Abschnitte der Katastrophe, welche die Pflanzenwelt vernichtete, hinter einander erfolgten, im zweiten Falle wenige großartige Erschütterungen die Phänomene bewirkten. Wiewohl die Pflanzenstruktur in den Steinkohlen selbst fast ganz verloren gegangen ist, oder nur stellenweis sich erhalten hat, so beweisen doch diese einzelnen Punkte ganz entschieden die Abkunft derselben aus dem Pflanzenreiche [7]). Nicht minder zeugen dafür die zahlreichen Abdrücke von Blättern und Stämmen, welche in den Thon- und Sandschichten zwischen ihnen vorkommen, und zum Theil in den Sandsteinen über den Kohlen noch angetroffen werden. Der Charakter dieser Vegetabilien ist entschieden tropisch, und soll weiterhin im Zusammenhange mit den gesammten Vegetationseigenthümlichkeiten näher erörtert werden; hier scheint nur noch nöthig zu bemerken, daß die ungeheuere Menge der auf beiden Nordseiten der Erdkugel bisher aufgefundenen Kohlenlager einen ganz überraschenden Reichthum an Pflan-

---

6) Darwin's Ansicht von Hebungs- und Senkungsfeldern in der Südsee, zur Erklärung der Koralleninseln, hat man auf die Steinkohlenflötze übertragen und angenommen, daß die Kohlenschichten nicht bloß durch Untersinken der Vegetation, sondern durch Sinken des ganzen Bodens mit der Pflanzendecke, welche auf ihm wuchs, entstanden seien. Der häufige, selbst hundertmalige Wechsel dieser Senkung und die oft regelmäßige Folge der Kohlenschichten in bestimmten Abständen über einander scheint mir jedoch weniger für eine so gewaltsame Ursache zu sprechen, und das Untersinken schwimmender Waldgebiete die Phänomene ungezwungener zu erklären —

7) Ueber den chemischen Theil der Steinkohlen- und Braunkohlenbildung hat sich Liebig in seiner Schrift: Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur ꝛc. S. 295 (1841. 8.), genügend ausgesprochen, daher wir auf ihn verweisen.

zen in jener Zeit und eine Walddecke verräth, welche an Dichtigkeit nur den Urwäldern der Tropenzone in der Gegenwart verglichen werden kann. Auch rühren die wohl erhaltenen Abdrücke von Blättern und Stämmen im Kohlenschiefer größtentheils von Gewächsen her, deren jetzige nächste Verwandte in den wärmeren Klimaten einheimisch sind. Palmen, baumartige Farrnkräuter, riesenmäßige Gestalten, die den heutigen Schachtelhalmen (Equisetum) gleichen, und einige Nadelhölzer scheinen die Hauptgebilde dieser reichen Flora gewesen zu sein; höher entwickelte Pflanzenformen fehlen also eben so vollständig, wie höhere thierische Organismen in dieser ältesten jugendlichen Zeit des Erdballes.

3. Permsches System.

Mit dem Aufhören der Kohlenflötze und ihrer unmittelbaren Begleiter wollte man neuerdings die Kohlengruppe abschließen, und die nachfolgenden durch einen zwar abweichenden, wenn auch sehr ähnlichen organischen Inhalt als ein besonderer Abschnitt dieser ganzen Epoche anzusehenden Sedimente zwar davon trennen, aber vielleicht weniger glücklich mit den unmittelbar folgenden jüngern Gliedern zu einer Formation verbinden. Es sind das der jüngere rothe Sandstein oder das Rothliegende, der Kupferschiefer und der Zechstein, drei Gebilde, welche von den englischen Geognosten, nach der starken Verbreitung analoger Gesteine am westlichen Fuße des Ural bis gegen die Wolga hin, unter dem Namen des Permschen Systems zusammengefaßt werden. Wir lassen es dahin gestellt sein, ob diese Analogie als eine sicher begründete anzusehen ist, und behandeln hier die Glieder der Zechsteingruppe, wie sie in Deutschland auftreten, mit dem Rothliegenden nur deshalb unter einer Rubrik, weil dieses dem Steinkohlengebirge und jene der Trias gleichmäßig fern stehen. Das Roth- oder Todtliegende, eine Benennung, womit der jüngere rothe Sandstein über den Kohlen und unter dem Kupferschiefer, des letztern wegen, als dessen liegende erzleere Schicht, von Mansfeldischen Bergleuten zuerst bezeichnet wurde, findet sich in Deutschland an manchen Stellen, z. B. am südlichen Harzrande, in der nicht geringen Mächtigkeit von 2600 Fuß entwickelt und besteht aus einem grobkörnigen Sandstein, dessen Bindemittel ein röthlicher Thon ist. Von ihm bekommt der Sandstein seine Farbe und seine Härte. In den untersten Teufen wechseln grobe, abgerundete Hornquarzknollen, die von einigen Forschern für chemische Ausscheidungen, von anderen als Gerölltrümmer angesehen werden, mit reineren Kalkmassen; dann folgen eckig-körnige, später rundlich-körnige Sandsteine, und ziemlich im obersten Niveau liegt ein 5 — 6, selbst 50 Fuß mächtiges Porphyrconglomerat, zum deutlichen Beweise, daß die Porphyre, welche an manchen Orten, z. B. bei Wettin, am Harze und Thüringer Walde, die Kohlenflötze begleiten, und sowohl unter (älterer Porphyr) als auch über (jüngerer Porphyr) ihnen vorkommen, noch in die Bildungsperiode des

Rothliegenden hineinreichten und fortfuhren, sich zu erheben, als dieses schon größtentheils abgelagert worden war [8]). Weiterhin scheint die Porphyrerhebung seltener stattgefunden zu haben, denn die meisten Gruppenporphyre in Norddeutschland sind älter als die Schichten über dem jungen rothen Sandstein, daher letztere von ihnen nicht mehr gehoben werden. Ueberhaupt scheint das Rothliegende zu den Porphyren in einer sehr innigen Beziehung zu stehen, und vielleicht aus ihnen selbst durch schnelle Verwitterung unmittelbar während und nach ihrer Emporhebung gebildet zu sein. An Orten übrigens, wo Porphyre in der Nähe fehlen, enthält das Rothliegende Bruchstücke anderer benachbarter Gesteine, namentlich große Blöcke, die vom Kohlenkalkstein herzurühren scheinen, oder Quarzfels-Geschiebe. Doch auch in seinem Innern zeigt es manche Verschiedenheiten, indem stellenweis der rothe Thon, sein Bindemittel, reiner in Schieferform hervortritt, und mit krystallinisch eckigen Sandsteinschiefern wechselt. Ganz oben wird der rothe Sandstein heller, weißlich, und heißt dann Weißliegendes. Versteinert finden sich in ihm besonders große Stücke von Baumstämmen, die Palmen, Farrnkräutern, kurz ähnlichen Gewächsen angehörten, als diejenigen sind, welche in den Kohlenschichten begraben liegen. Eine spezifische Uebereinstimmung zwischen beiden Vegetationsperioden scheint aber nicht mehr stattzufinden, und dieser Umstand ist ein Hauptgrund geworden, warum man das Rothliegende als selbstständiges Glied von der Steinkohlenperiode trennen konnte, obgleich der Gesammtcharakter der Organismen des Rothliegenden denen der Steinkohlenperiode vielleicht noch näher steht, als denen der Zechsteingruppe.

Unmittelbar über dem Rothliegenden und mit ihm gleichförmig gelagert, tritt Kalkstein auf, welcher in seinen verschiedenen Straten ein sehr abweichendes Ansehen hat, das seine vielen verschiedenen Namen rechtfertigt. Die unterste, selten über 1—$1\frac{1}{2}$ Fuß mächtige Schicht desselben pflegt ein Gemisch von Thon und Kalk, also ein Mergel zu sein, der schieferige Textur besitzt, und wegen seines Reichthums an Kupfererzen Kupferschiefer genannt wird. Merkwürdiger fast, wenigstens in solcher Nähe, sind die zahlreichen Abdrücke von Fischen, welche einer eigenthümlichen, bis auf wenige Stellvertreter untergegangenen Familie (Ganoides) mit rhombisch viereckigen, sehr harten Schuppen angehören, und weiterhin nur noch im Muschelkalk sich finden; doch hier viel seltener, als im Kupferschiefer. Es ist dieselbe Schicht, welche auch Spuren von Luft athmenden Rückgratthieren enthält; eine Eidechsenform, der man des hohen Alters wegen den Namen Proterosaurus gab, hat darin ihre seltenen Gebeine hinterlassen. — Ueber dem Kupferschiefer, der an allen Stellen, wo die Erze fehlen, den Namen bituminöser Mergelschiefer führt, fängt der Kalkstein an herrschender zu werden, und von da an heißt das ganze, an 250 Fuß mächtige

8) Man vergleiche hierzu den Holzschnitt auf Seite 202.

Lager Zechstein, ohne darum durch größere Gleichförmigkeit sich auszuzeichnen. Gewöhnlich von hellgrauer, selten so schwarzer Farbe, wie der Kupfer- und Mergelschiefer, wird der Kalkstein durch den Mangel der Schieferung, seine dichte Beschaffenheit und seinen geringen Gehalt an Bitumen von jenen leicht unterschieden, wechselt aber doch in seinen untersten Theilen mehrmals mit dünnen Straten derselben ab. Ein Glied dieser Reihe ist der durch seinen widerlichen, beim Reiben entstehenden Geruch ausgezeichnete Stinkstein. — Neben den genannten und nie fehlenden Hauptbestandtheilen der Formation erscheinen zwei weniger allgemeine, aber wo sie vorkommen wichtige Begleiter, nämlich Dolomit und Gyps. Der Dolomit, das schon viel besprochene, durch seine eigenthümlichen, kühn emporstrebenden Formen höchst merkwürdige Mineral, welches zuerst im jüngeren Uebergangskalk und sogar mächtig auftritt, begleitet den Zechstein am gewöhnlichsten. Er kommt in allen Straten vom Kupferschiefer bis zum Stinkstein hin vor, und hat durch sein körniges Gefüge, sein poröses, wie zerfressen erscheinendes Ansehen, im Mansfeldschen zu der Benennung Rauhwacke Veranlassung gegeben. Daran läßt er sich leicht in dieser Formation erkennen. Nicht so allgemein, aber nie ohne den meist über ihnen befindlichen Dolomit, treten Gypsmassen und in einer Mächtigkeit auf, wie sie sonst nirgends wieder bei uns angetroffen werden. Auch sie nehmen schroffe, mauerförmig aufsteigende Formen an und enthalten in ihrem Innern, hier zu Anhydrit (wasserfreier schwefelsaurer Talkerde) umgewandelt, große Höhlungen, sogenannte Schlotten, welche wahrscheinlich mit dem metamorphischen, durch die Einwirkung von Schwefelwassern auf die Kalksubstanz des Zechsteins bewirkten Ursprunge des Gypses im Zusammenhang stehen. Vielleicht sind sie durch Auswaschung von Steinsalz entstanden, eine Annahme, die wenigstens früher die allgemeinere war und insofern auch gerechtfertigt ist, als die reichen Soolquellen mancher Gegenden, namentlich in Thüringen und Sachsen, aus der Gypsregion des Zechsteins ihren Ursprung zu nehmen scheinen, wenn nicht gar, wie z. B. bei Artern, das Steinsalz durch Bohrversuche in derselben nachgewiesen werden konnte. Der Zechstein ist übrigens mit dem Kupferschiefer eine nicht sehr weit verbreitete Gebirgsart; er erreicht in Norddeutschland zu beiden Seiten des Harzes und am Thüringer Walde seine größte Mächtigkeit, ohne jedoch 300 Fuß irgendwo zu überschreiten; fehlt aber im südlichen Deutschland und im eigentlichen Frankreich völlig. Er zieht sich ferner in der Richtung von Süden nach Norden durch den größten Theil von England als Dolomit hindurch, hier deshalb Magnesian limestone genannt, tritt am Südende der Vogesen auf, begleitet den östlichen Theil der Eder in ihrem Laufe, und findet sich am nördlichen Rande des Riesengebirges. Hier scheint in dieser Gestalt seine östliche Grenze zu sein. Ueberall bildet er schmale bandförmige Säume von geringer Mächtigkeit, welche die Kohlenschichten von den secundären Straten

trennen, und sehr richtig als die Küstenränder der ältesten Landstriche betrachtet worden sind, deren gehobene Rücken inselartig aus dem Weltmeere hervorragten.

Mit dem Zechstein, seinem alten Flötzkalkstein, schloß Werner die älteren Flötzgebilde, und so wollen auch wir einen Abschnitt mit ihm schließen, ohne darum die Periode, welche zwischen der Bildung des Zechsteins und des bunten Sandsteins liegt, als eine besonders große oder eigenthümliche zu bezeichnen; denn einige Forscher meinen sogar, daß man richtiger noch die untersten Schichten des bunten Sandsteins (den petrefaktenleeren rothen Vogesensandstein) zur Gruppe ihres Permschen Systemes rechnen und erst mit dem oberen bunten Sandsteine die nächstfolgende Abtheilung beginnen müsse. Allerdings läßt sich in den Organismen, wie in den Schichten, aufwärts vom Zechstein an, ein beträchtlicher Unterschied im Vergleich mit den älteren nicht wohl verkennen, allein andererseits giebt es auch Aehnlichkeiten, die nicht unbedeutend sind. Es gehört zu den merkwürdigsten Eigenheiten der Thierwelt, daß gleich über den Kohlen, oder vielleicht schon in der letzten Zeit ihrer Periode, die ältesten Landbewohner unter den Amphibien (Archegosaurus) sich einstellen und Formen angehören, die erst viel später, im System der Trias, eine allgemeinere Verbreitung erreichen; während die Schichten des Zechsteins zwar Luftathmer (Proterosaurus) behalten, aber sie auf ganz andere Typen übertragen. Auch ist, was die Schichten selbst betrifft, das Ueberwiegen der Kalkerde gegen die bisher mächtigere oder eben so mächtige Thonerde gewiß ein beachtenswerther Charakter. Ob derselbe ganz auf Rechnung des mehr und mehr sich entfaltenden thierischen Lebens zu schieben sei, wie viele Geognosten annehmen, wollen wir nicht entscheiden, indeß doch daran erinnern, daß die Kalkerde, welche die Thiere in sich darstellen, von außen in sie aufgenommen wird, mithin von Thieren die Kalkerde nicht producirt, sondern nur in eine feste Form gebracht werden konnte. Sie wäre demnach doch immer als aufgelöst im Meere anzunehmen, und den zahlreicheren Thieren vorzüglich die größere Menge des von nun an abgeschiedenen Kalkes zuzuschreiben. —

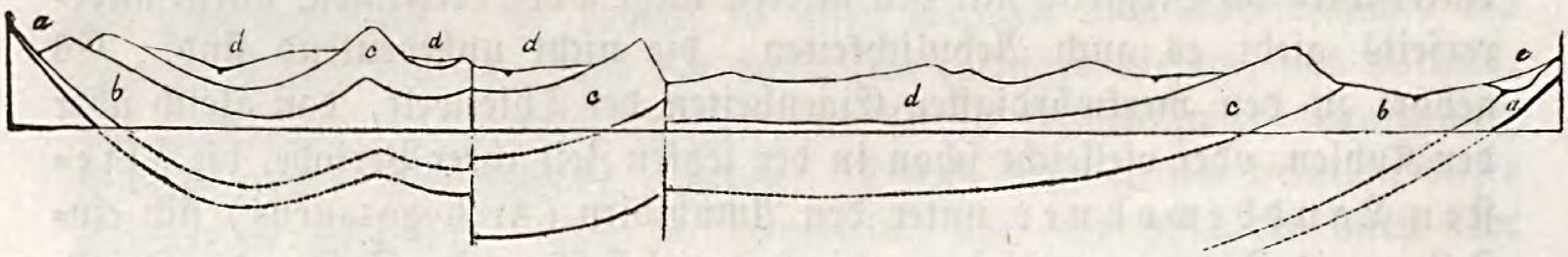
13.

Fortsetzung der vorigen Betrachtungen. — Secundäre Flötzgebilde.

Die Schichten, welche das mittlere und jüngere Flötzgebirge Werner's zusammensetzen, werden gewöhnlich unter drei Hauptgruppen gebracht, von denen die erste wieder aus drei untergeordneten Lagern, dem bunten Sandstein, Muschelkalk und Keuper besteht, die zweite

mit dem Namen der **Jura**= oder **Oolithformation** belegt wird, und die dritte als **Gruppe der Kreide** vorzugsweise durch dieses bekannte Kalkgestein repräsentirt ist. In allen dreien wechseln Sand= oder Kalksteine in mannigfacher Weise, stellenweis von beträchtlichen Mergellagern begleitet, aber nur selten finden sich mächtige Thonschichten, dagegen vorzugsweise Kalkablagerungen von oft ungeheurer Ausdehnung, in denen die Reste untergegangener Thiere eine sehr große Rolle spielen. Charakteristische Merkmale für die eine oder die andere Schicht sind nur in ihnen aufzufinden; weshalb an Orten, wo Versteinerungen fehlen, lediglich die Beziehungen zu den über= oder den unterliegenden Straten Gewißheit über das Alter des fraglichen Stratums ertheilen können. —

4. Trias=Gruppe.



Durchschnitt von Thüringen, aus SW nach NO [1]).

Die Formation des **bunten Sandsteins** mit dem **Muschelkalk** und **Keuper** ist durch das häufige, schon erwähnte Auftreten von Steinsalzlagern gewissermaßen als eine mehr abgeschlossene Gruppe zu betrachten; sie wird darnach von einigen Geologen mit dem Namen der **Salzgruppe** belegt, von anderen als **Trias** bezeichnet. Die am weitesten verbreitete und gleichförmigste Abtheilung derselben ist die unterste, der 600 bis 1000 Fuß mächtige **bunte Sandstein**, ein inniges Gemisch feiner

---

1) Der Durchschnitt beginnt am Thüringer Walde bei Friedrichsrode und endet am Kiffhäuser in der Nähe von Frankenhausen; der Höhenmaßstab, bis auf das Niveau der Ostsee hinabgeführt, ist 10mal größer, als der Längenmaßstab, die ganze Ausdehnung des Durchschnitts beträgt 8 Meilen. Er reicht daher nur zur Veranschaulichung der allgemeinsten Verhältnisse hin und zeigt die Zechsteinformation (a) als unterstes Glied, woran sich bunter Sandstein (b), Muschelkalk (c) und Keuper (d) in gleichförmiger Lagerung anschließen. Am Rande erscheint noch der Durchschnitt des kleinen Braunkohlenfeldes (e), welches den Fuß des Kiffhäusers nach Südosten umgiebt. Besonderes Interesse erregen die beiden Verwerfungslinien, von denen die südliche nördlich von Gotha, zwischen dem Thale der **Leina** und **Nesse** streicht, der Hauptrichtung des Thüringer Waldes folgend, die nördliche den Fuß des **Fahner** Berges, der sich nach **Erfurt** in gleicher Richtung hinzieht, bezeichnet. Diese Verwerfungen und die ihnen gleichförmig oder parallel angereiheten Erhebungen, von denen eine, den **Krahnberg** westlich von **Gotha** darstellend, im Holzschnitt angedeutet ist, haben die Unebenheiten der anfangs gleichförmigen thüringischen Mulde veranlaßt und sie in eine von breiten Flußthälern durchzogene hügelige, mittelst Hochflächen begrenzte Ebene verwandelt. Man vergl. hierüber die schon (S. 170 Note 8) erwähnte lehrreiche Schrift von H. **Credner**.

allermeist krystallinischer Quarzkörner, die sich mitunter auf Klufträumen zu Drusen größerer Krystalle ausbilden, und überall, wo die rothe Farbe auftritt, durch eisenhaltigen Thon als spärliches Bindemittel zusammengefügt werden. Die gewöhnliche Abstufung des Kolorits ist ziemlich hellroth, oder sehr dicht heller und dunkler gestreift; nicht selten wird die ganze Masse dunkler braunroth, viel seltener gelblich und am häufigsten rein weiß. Dann fehlt das thonige Bindemittel gänzlich, denn die Quarzkörnchen sind stets rein, wasserklar und ungefärbt. — Während diese bunteren Schichten in den oberen Teufen vorherrschen, nimmt die unterste in größerer Gleichförmigkeit und Mächtigkeit verbreitete Abtheilung im Ganzen eine sehr dunkle Farbe an, und zeigt neben Schichten eisenrothen schieferigen Thones und grober Quarzgeschiebe, welche den sedimentären Ursprung des Gesteins unzweifelhaft verkünden, dichtere krystallinische Quarzmassen, deren gefrittetes Ansehen leicht zur Annahme feuriger Einwirkungen verleiten könnte. Sehr merkwürdig sind darin schwarze Kugeln von Erbsengröße und weichem Gefüge, welche beim Herausnehmen leicht zerfallen, Manganoxyd enthalten, und bei größerem Umfange aus mehreren concentrischen Schichten bestehen. Sie bilden die meist in dünnen Lagen verbreiteten Tigersandsteine. Der Mangel aller und jeder Versteinerung in dieser unteren Abtheilung ist wohl zu beachten, noch mehr aber die abweichende Lagerung, in welcher sie örtlich, z. B. in den Vogesen, auftritt; und daher als Vogesensandstein unterschieden wird. Ihn rechnen Murchison und de Verneuil zum Permschen System. — In der oberen, mannigfaltiger gefügten, aber minder mächtigen Abtheilung steigert sich der Thongehalt, Mergel stellen sich ein und Glimmer erscheint, dessen Ueberhandnehmen bisweilen eine schieferige Struktur des Sandsteins nach sich zieht. Noch allgemeiner sondern sich reine rothe oder grünliche Thonschichten aus, die theils in deutlich geschichteten Bänken als sogenannte Schieferletten auftreten, theils in plattgedrückten Kugeln oder in nierenförmigen, unregelmäßigen Knollen als Thongallen sich durch die Sandsteine verbreiten, und gern mit Gypsdrusen sich vergesellschaften. Endlich greifen, als oberstes Glied, braunrothe, grünliche oder graue Mergel Platz und erreichen eine Mächtigkeit von 100 — 200 Fuß. Ihr gewöhnlicher Begleiter ist wieder Gyps, der bald in dünnen faserigen Schnüren, bald in feinkörnigen oder dichten Lagen mit jenen Mergeln vielfältig abwechselnd auftritt und die Farben seiner Begleiter durch fleischroth, gelb und grauweiß nachahmt. Fehlt er, so pflegen dolomitische, mergelreiche Sandsteine seine Stelle zu vertreten, oder deutliche fleischrothe Roogensteine, deren allgemeine Verbreitung am südlichen Umfange des Harzes zu den charakteristischen Verhältnissen der dortigen Formationsglieder gehört, während in der Nähe des Thüringer Waldes sie vielleicht ganz fehlen. Eben so örtlich ist die vorherrschend weiße Farbe des Gesteins an der Saale von Weißenfels, das ihm seinen Namen verdankt, bis Bernburg, wo in hiesiger Gegend die nördliche

Grenze seines Verbreitungsbezirks liegt. Besonders in den Sandsteinen der oberen Abtheilung finden sich Versteinerungen oder andere Zeugen von Organismen, namentlich die merkwürdigen Fußspuren bei Hildburghausen, Eidechsenknochen und Pflanzenreste; aber häufig sind sie darin nirgends. —

Die Steinsalzlager der Triasgruppe kommen in verschiedenen Teufen vor, doch in der Regel über dem bunten Sandstein, in der unteren Region des Muschelkalks, wo sie bisweilen in mehrfachen Schichten sich wiederholen. Ein grauer, selbst schwärzlicher Thon, der außer vielem Salz auch Kohlen und Bitumen enthält, pflegt sie zu begleiten und darnach den Namen Salzthon zu führen. Außerdem sind Gyps und Anhydrit die gewöhnlichsten Genossen des Steinsalzes, mächtige Lager unter und über den Salzschichten bildend, die mit Thonschichten, Kalkschichten, bituminösen Schiefern und Dolomiten abwechseln, und in der geringen Mächtigkeit von höchstens 200 Fuß eine große Mannigfaltigkeit der Bestandtheile offenbaren. Dieselben Salzlager treten übrigens unter ganz ähnlichen Verhältnissen nicht bloß im Muschelkalk und Keuper auf, sondern auch in jüngeren wie älteren Formationen, namentlich in der Zechsteingruppe und im Tertiärgebirge, dem z. B. die berühmten Salzgruben von Wiliczka angehören, und scheinen nach allgemeiner Annahme aus salzhaltigen Wasserbecken herzurühren, deren Inhalt allmälig verdunstete.

Der Muschelkalk steht dem bunten Sandstein in der Regel an Mächtigkeit (600—800 Fuß) und Ausdehnung etwas nach, oder fehlt außerhalb Deutschland, wie namentlich in England, gänzlich. Durch Einfachheit in Farbe und Beschaffenheit, gewöhnlich hellgrau, mit feinsplitterigem Bruch und ziemlich deutlicher Schichtung, zeichnet sich diese im Ganzen sehr gleichförmige Masse aus. Sie beginnt mit dünngeschichteten, wellenförmig unebenen Kalken, die hiernach den Namen Wellenkalk erhalten haben, und auf ähnlich geformten Dolomiten ruhen. Beide Glieder nehmen wenigstens in Thüringen ziemlich die Hälfte der ganzen Schichtenfolge weg. Auf den Wellenkalk pflegen sich von Gyps oder Anhydrit begleitete Salzflötze zu lagern, während reinere rauchgraue Kalke, nach ihrer Hauptbruchstätte in Würtemberg als Kalksteine von Friedrichshall bekannt, den Schluß machen. Der Reichthum an Versteinerungen, dem die Formation ihren Namen verdankt, steht mit der auffallenden Armuth an anderen untergeordneten Beimengungen im grellen Kontrast; denn außer dünnen Lagen feinfaserigen Gypses, welche jedoch nur den unteren Schichten, dem Wellenkalk, angehören, und Straten grauer kieselerdiger Knollen, die sich schichtweise in ihr verbreiten, fehlt es an fremden Mineralien fast ganz. Nur die beschriebenen Steinsalzlager bringen da, wo sie auftreten, eine etwas größere Mannigfaltigkeit im Gestein hervor. Die Versteinerungen des Muschelkalks gehören Seethieren, namentlich Muscheln und Schnecken an; unter letzteren sind gewisse Ammoniten (die Cera-

titen) besonders charakteristisch. Dagegen fehlen Polypen und Radiaten, einige Crinoideen abgerechnet, fast ganz. Eben nicht häufiger sind Fischreste; die meisten stammen von haifischartigen Formen her, deren Zähne neben den ersten höheren Crustaceen (Dekapoden) stellenweis in ziemlicher Menge sich finden. Relativ zahlreicher werden unter den Rückgratthieren die Amphibien und erscheinen in abenteuerlichen, von den Gestalten der Jetztwelt völlig verschiedenen Formen. Auch die schon erwähnten Fußspuren, welche man jüngst auf Schichten des bunten Sandsteins entdeckt hat, und für Abdrücke von handartigen Säugethiertatzen hielt, scheinen nur den Amphibien zugeschrieben werden zu können. —

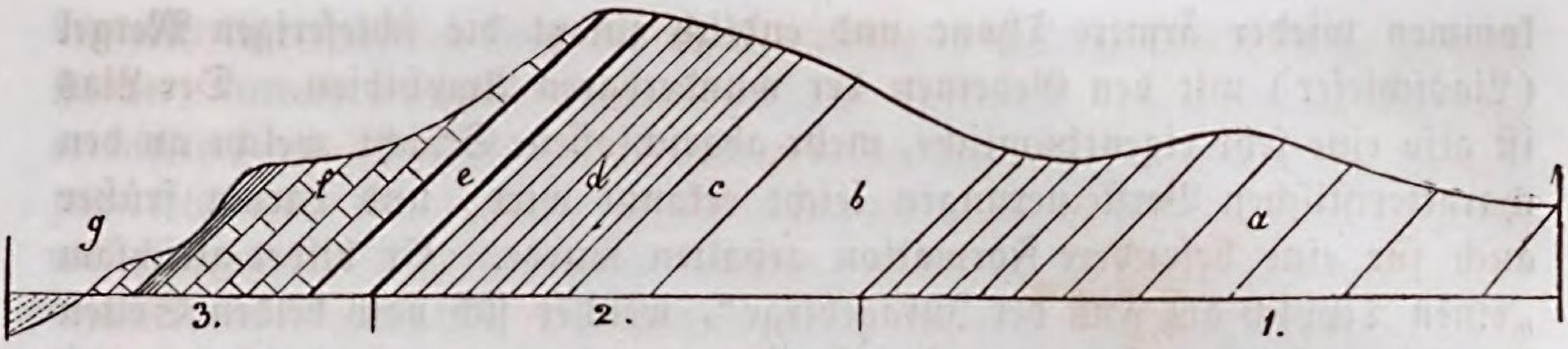
Der Keuper, die dritte Schicht dieser in Deutschland weitverbreiteten Formation, ist im Ganzen mächtiger (gegen 900 — 1000 Fuß) als der Muschelkalk, und fehlt wohl nirgends so vollständig, wie jener in England. Er besteht aus Schichten von Mergeln und Sandsteinen, welche einzeln nie eine sehr große Stärke erreichen, vielmehr dünn geschichtet in bunter Abwechselung so oft über einander sich legen, daß keine andere Schichtengruppe ein so vielfarbiges Ansehen erhält, wie diese. Im Allgemeinen lassen sich nach jener wiederkehrenden Reihenfolge, besonders nach den vorherrschenden Sandsteinen, drei Abtheilungen im Keuper unterscheiden. Die unterste Gruppe beginnt mit lichtgrauen Schieferletten, die bald sandig werden und demnächst in einen stark thonigen Sandstein übergehen, worin Thongallen und selbst Schichten feiner Glimmerblättchen sich ausscheiden. Die graue Farbe rührt von beigemengter Kohle her, welche nicht bloß als Farbestoff, sondern selbstständig als Lager, begleitet von zahlreichen Pflanzenversteinerungen, hier auftritt. Sie ruht auf Schieferletten, und heißt darnach Lettenkohle. Ueber ihr liegen Sandsteine mit grünlich-grauen oder braun-grauen Mergelschichten, denen sich nach oben hellere bunte Mergel beigesellen. Mit ihnen schließt die im Ganzen nur 150 Fuß mächtige Abtheilung der Lettenkohle, und der gypsreiche, wahrscheinlich auch Steinsalz führende mittlere Keuper von durchschnittlich 550 Fuß Mächtigkeit beginnt. Ein harter dolomitischer Mergel deutet diesen Uebergang an, er bildet in Thüringen wie in Lothringen die Grenze, und ist hier leicht an helleren gelblichen Flammenstreifen in bräunlich-grauer Grundfarbe zu erkennen. In graue Kalksteinbänke übergehend, treten bald darauf Gyps- und Mergelschichten an deren Stelle; beide wechseln in dünnen Lagen, jener senkrecht gefasert, diese bröckelig zerklüftet, in so zahlreicher oft wiederholter Folge, daß eine weitere Schilderung nicht mehr möglich ist. Nur die netzförmige Verbreitung des Gypses zwischen die Klufträume der Mergel bedarf als ein Phänomen, welches für spätere, zum Theil wohl auf metamorphischen Processen beruhende Einsickerung spricht, noch der Erwähnung. In manchen Gegenden, z. B. in Würtemberg, scheidet sich nach oben eine mehr als 60 Fuß starke sandige Schicht aus, welche von ihrem Reichthum an Schachtelhalmgewächsen

(Calamiten) den Namen Schilfsandstein erhalten hat, und noch einige Kohlenreste umschließt; sie ist zugleich die Fundstätte merkwürdiger Eidechsengebeine und kann als obere Grenze der mittleren Keuperschichten betrachtet werden. — Gewisse sehr sonderbare kieselige Sandsteine, die sogenannten krystallisirten Sandsteine, welche beinahe ein gefrittetes Ansehen haben, bilden die Begleiter des oberen oder bunten Keupers, der hauptsächlich aus zahlreichen, weichen, aber bröckeligen, hellfarbigen, rothen, gelben, grünlichen, bläulichen Mergeln besteht, die sich in dünnen Schichten verschiedener Färbung bis 100mal wiederholen und mit anderen festeren ungeklüfteten Bänken, den Steinmergeln, wechseln. Hernach wird der Sandstein etwas grobkörnig, ja stellenweis ein wahres Conglomerat mit Feuerstein- und Achatknollen, bleibt aber weiß, weil das Bindemittel selbst, verwitterte Feldspathsubstanz, farblos ist. Nichts desto weniger kehren noch grellfarbige, besonders rothe Thone oder bläulich-violette Schichten wieder; sie trennen den weißen Sandstein von dem obersten gelben, welcher feinkörniger ist, nur sparsame braune Lettenschichten enthält und daneben einzelne verkohlte Pflanzenversteinerungen führt. Noch weiter hinauf werden Conchylien und Wirbelthierknochen angetroffen; auch Fischzähne nebst Sauriergebeinen, die in der ganzen Triasgruppe eine so wichtige Rolle spielen, und immer in Analogien die älteren Formen des bunten Sandsteins und Muschelkalks wiederholen. —

Was die Ausbreitung dieser großen, durch gleichförmige regelmäßige Lagerung ausgezeichneten Formation betrifft, so erstreckt sich dieselbe hauptsächlich über das mittlere Deutschland und bildet in unserem Vaterlande einen sehr bedeutenden Theil seiner gesammten Oberfläche. Namentlich ist es der bunte Sandstein, welcher in den Gegenden zwischen dem Harze und Thüringer Walde, in Hessen und Baden sich ausdehnt, ostwärts noch in Polen und Rußland, westwärts über Frankreich und einen großen Theil von England sich verbreitet. In Deutschland und dessen nächsten Umgebungen schließt sich der Muschelkalk ihm innig an, in England fehlt er. Der Keuper ist besonders in den westlichen Gegenden des Verbreitungsbezirkes mächtig; er bildet in Thüringen die von Flußthälern durchfurchten centralen Theile der weiten Hochfläche, erstreckt sich in gleicher Art durch Franken nach Schwaben und durch den östlichen Theil Frankreichs, hier an den von einander abgewendeten Seiten der Vogesen und des Schwarzwaldes sich lagernd. Englands Boden ist in seinen mittleren Grafschaften zwischen Liverpool und Glocester, und von da bis zur Mündung des Tees hinauf, aus buntem Sandstein und Keuperschichten gebildet.

5. Jura-Gruppe.

Die Formation des Jurakalkes wird von den Engländern als Oolithgruppe bezeichnet, weil in ihrer Heimath mächtige Kalklager aus



Profil der Porta westphalica am östlichen Ufer der Weser bei Hausberge. 1. Lias; 2. mittlerer Jura; 3. oberer Jura; g. Wesergerölle.

diesem, seiner kugelig=schaaligen Absonderung wegen merkwürdigen Gestein bestehen. Sie tritt mit ganz ähnlichen Schichten auf, wie die vorige, ist indessen bei weitem ärmer an Sandsteinen. Nach L. v. Buch's neuerer vortrefflicher Darstellung des Jura in Deutschland 2) bildet derselbe hier so gut, wie in England, wo er besonders vollständig ist, drei sicher unterschiedene Abschnitte, welche von ihm unterer, mittlerer und oberer Jura genannt werden. Der erste führt jetzt allgemein den englischen Namen Lias, wogegen in Deutschland die Bezeichnung schwarzer Jura, von der dunklen Farbe seiner Gesteine hergenommen, in Vorschlag gebracht wird. Er besteht vorzugsweise aus einem schwarzgrauen Kalkstein oder Mergel, dessen obere Schichten schieferige Struktur annehmen und darnach Liasschiefer heißen. Die auffallend bituminöse Beschaffenheit, welche mit der dunklen Farbe in Harmonie steht, ist für den untern Jura charakteristisch; beide beweisen im Verein mit den ganz eigenthümlichen organischen Beischlüssen, den Belemniten, den Ammoniten mit am Rande vielfach gefalteten Querscheidewänden, und den Ichthyosauren, daß die Erdoberfläche beim Beginn der Jurabildung einen ganz veränderten Charakter erhielt und kaum irgendwo wieder eine so scharfe Differenz der Verhältnisse eintrat, als dies Mal. Die so wesentliche Gesteinsbeschaffenheit des Lias dauert indeß nicht lange, denn seine Gesammtmächtigkeit beträgt höchstens 500 Fuß. Gewöhnlich liegt ganz unten eine sehr dunkle Kalkbank, worauf die durch Verwitterung des Bindemittels hellfarbig gewordenen Liassandsteine mit den ersten Belemniten folgen. Stengelförmige, verzweigte Abdrücke, welche an die Netzform mancher Conferven erinnern (daher Fucoidensandstein), oder sogar förmliche, selbst bauwürdige Kohlenflötze (z. B. bei Helmstädt), zeichnen diese Schichten besonders aus; sie werden vom blauschwarzen Liaskalk mit Gryphäen überlagert, die auch ihre Namen zur Bezeichnung des Kalkes (Gryphitenkalk) hergeben mußten. Daran reiht sich ein mächtiger Petrefakten armer Thon, den der reichhaltige, grauscheckige, harte Steinmergel als Hauptschicht des Lias mit zahlreichen organischen Resten überlagert. Dann

---

2) Abhandl. der Berliner Akademie aus dem Jahre 1837. Berlin 1839. Seite 49 ff.

kommen wieder ärmere Thone und endlich zuletzt die schieferigen Mergel (Liasschiefer) mit den Gebeinen der wunderbaren Amphibien. Der Lias ist also eine sehr eigenthümliche, mehr abgeschlossene Schicht, welche an den charakteristischen Versteinerungen leicht erkannt wird, und darum früher auch für eine besondere Formation gehalten wurde. Er bildet gleichsam „einen Teppich am Fuß der Juragebirge", welcher sich nach beiden Seiten hin über die ihm folgenden Juraschichten ausbreitet, und selbst da noch deutlich als flache Hügelungen, als Stufen vor den Höhen erkannt wird, wo der mittlere und obere Jura keine Unterschiede in Fall und Form mehr darbieten. Seine Versteinerungen sind ihm fast ausschließlich eigen; nur wenige theilt er mit den folgenden Abschnitten. Besonders häufig findet sich in seiner untersten sandigen Schicht ein großer Ammonit, nach dem Namen des ausgezeichneten englischen Geognosten Ammonites Bucklandi genannt, vom Umfange eines Wagenrades. Sowohl in den untersten, als auch besonders in den oberen Schichten, zumal im Liasschiefer, treten die sogenannten Donnerkeile (Belemnites) in mehrfacher Zahl auf, und ausschließlich hier die überraschenden, völlig untergegangenen Amphibienformen, welche mannigfach an Fische und Säugethiere zugleich in ihren Bildungen erinnern, und durch ihre großen flossenförmigen Gliedmaßen als beständige Wasserbewohner sich anzeigen. Deshalb hat man sie Meereidechsen (Enaliosaurii) genannt und zwei Gattungen derselben mit den Namen Ichthyosaurus (Fischeidechse) und Plesiosaurus (Nachbareidechse, wegen des geselligen Vorkommens beider) bezeichnet. Wir werden später [3]) ihre sonderbare Bildung und die einer verwandten dritten Gattung: Pterodactylus, welche im oberen Jura sich findet, näher kennen lernen; hier will ich nur noch erwähnen, daß man auch die ausgeleerten Kothklumpen (Koprolithen) dieser Thiere in Menge versteinert zwischen denselben, ja an manchen Stellen Englands sogar eine ganze, mehrere Zoll starke Schicht, welche nur aus Koprolithen besteht, entdeckt hat, und sie wegen ihrer bunten, aus Muschelstücken, Fischknochen und Gebeinen kleinerer Ichthyosauren bestehenden Mischung, sogar als Tischplatten und Schmucksachen aller Art zu verarbeiten pflegt. Andere Straten sind so durchweg mit thierischem Fett erfüllt, daß sie anbrennen und zur Darstellung von Erdöl sich benutzen lassen. Welch ein überaus reiches und dabei eigenthümliches thierisches Leben verrathen nicht Umstände, wie die genannten; wie lebhaft erwecken sie nicht in dem Beschauer so wunderbarer Friedhöfe die Lust nach einem Blick in jene ferne, über alle Bestimmungen hinaus liegende Zeit, wo Ungeheuer der seltsamsten Art mit den Merkmalen fabelhafter Gestalten, wie sie nur eine geniale Einbildungskraft ausdenken konnte, in den Wogen des unabsehbaren Weltmeeres spielten und im Wettstreit der Bedürfnisse, von vielen tausend dienstbaren Geschöpfen umgeben,

---

3) Im 25. Abschnitt sind die Enaliosaurier ausführlich besprochen.

dennoch ihrer eigenen Genossen nicht schonten. Und sie alle in ihrer gräuelhaften, nur dem wissenschaftlichen Auge anziehend erscheinenden Bildung vernichtete eine Katastrophe, welche dem heutigen Geschlechte seinen Boden zubereiten half und damit zugleich Gelegenheit gab, daß aus den scheinbar unklaren organischen Gemischen der Vorzeit, durch immer neuere und bessere Darstellungen geläutert, jene innere Harmonie einer völlig geregelten Ausführung entstehen konnte, welche die Gegenwart in der Form des Menschen hervorgebracht hat. Doch nicht deshalb waren sie da, um als mißrathene Muster der Folgezeit zu dienen; ihre Natur war dem Charakter ihrer Zeit und ihres Bodens gemäß, jugendlich roh wie jene, unvollständig gestaltet wie dieser. Erst als Festland und Weltmeer sich die Waage hielten, konnte der vollendete Organismus entstehen. —

Zwei mächtige Schichten von blauem Thon, sagt L. v. Buch in seiner oberwähnten Abhandlung, eine untere reinere stärkere und eine obere, in welche auch einzelne dünne Schichten von Kalkstein eintreten, umschließen den mittleren oder braunen Jura in Deutschland. Alles, was zwischen diesen beiden Bändern vorkommt, ist von den andern Juratheilen durch seine Zusammensetzung und seine organischen Reste ohne Mühe zu sondern. Schieferige Mergel mit Thon und einzelnen Kalkbänken sind die vorherrschenden Bestandtheile, aber schärfer bezeichnen den mittleren Jura jene braunen eisenschüssigen Sandsteine, welche frühere Geognosten noch zur Lias rechneten und als obere Liassandsteine unterschieden; ganze Schichten von körnigem Thoneisenstein (Bohnenerz) pflegen darin aufzutreten. Reine Lager von Kalkstein kommen in dieser Abtheilung höchst selten vor und finden sich nur da, wo die Masse der Versteinerungen besonders häufig wird, herrschender sind graublaue Mergel und Thone mit eben so zahlreichen organischen Beischlüssen. Allein nur für Süddeutschland gilt die mitgetheilte Charakteristik; schon in der Schweiz nimmt der mittlere Jura einen ganz anderen Charakter an. Hier erreichen kalkige gelbe Roogensteine, wegen ihrer kleinkörnigen, concentrisch schaaligen Absonderung so genannt [4]), das Uebergewicht, und im mittleren England werden die deutschen Sandsteine einigermaßen durch Thonschichten ersetzt, welche die oolithischen Kalke in mehrere Straten sondern, während im nördlichen England die Sandsteine noch mächtiger sind, und die Oolithe als untergeordnete Lager in ihnen auftreten. Mit dieser Bildung harmonirt im

---

4) Sie entstanden in dem Falle, wo sie concentrische Schichtung zeigen, wahrscheinlich aus feinen Körnchen, die in kalkhaltige Gewässer fielen, von diesen mehrmals mit dünnen Kalkschichten bekleidet und nach und nach zu einem Ganzen verbunden wurden. In vielen Fällen sind die ersten Kerne feiner Sand. Andere, namentlich die echten Roogensteine, zeigen keine Schichtung an den körnigen Bestandtheilen, sie bestehen vielmehr aus homogenen, meist mechanisch abgerundeten Stückchen von Kalk, selbst von Muschelschaalen und Korallenstengeln, die durch Rollen der Wogen gebildet und mittelst spärlicher krystallinischer Kalksubstanz verkittet wurden.

Gegentheil der Jura des nördlichen Deutschlands in der Weserkette und am Harze; daselbst (s. das Profil S. 215) liegen schwärzliche, unvollkommen schieferige Thonmergel (b) unter dem grobkörnigen eisenreichen Sandsteine (c), worin Schieferthon mit einigen nicht sehr deutlichen, in Kohle verwandelten Pflanzenresten auftreten, und die wieder von schwarzgrauen Mergeln (d) überlagert werden. So läßt sich denn eine große örtliche Mannigfaltigkeit nicht verkennen. — Der mittlere Jura ist übrigens ärmer an Versteinerungen als der Lias, schon deshalb, weil er mehr aus Sandsteinen und Thonlagern besteht; namentlich fehlen ihm ganz eigenthümliche Gestalten, die sich einigermaßen mit den Meereidechsen vergleichen könnten, durchaus. Nur in England erregen die Stonesfielder Schiefer, eine 6 Fuß mächtige Kalkbank unter dem untern Oolith mit vielen organischen Resten, Belemniten, Trigonien und anderen Meergeschöpfen, unser gerechtes Erstaunen durch das erste Auftreten von Säugethierknochen, welche man daselbst wiederholt (bis jetzt 6 Unterkiefer) entdeckt hat. Nach den meisten Beobachtern gehören diese Knochen Mitgliedern der Beutelthiergruppe an; Agassiz glaubte Seehunde darin zu erkennen, jetzt hält man sie für Insectivoren. Charakteristisch sind also für den mittleren Jura nur einige Muscheln und Schnecken, deren nähere Erörterung uns hier zu weit in zoologische Details führen müßte, daher wir dieselben für eine spätere zusammenhängende Schilderung aufsparen. —

Unmittelbar über der oberen Thonschicht, welche in England unter dem Namen des Oxfordthones (Oxford-clay) sehr bekannt ist, folgt der obere oder weiße Jura, vorherrschend ein Kalkstein von gelblicher oder selbst weißer Farbe, der in seinen untersten Lagen mit mehreren dünnen Mergelschichten wechselt, und dadurch sich von jenem Thon nach und nach losreißt. Eine in diesen Mergeln häufige kleine Muschel, die Terebratula impressa, bezeichnet sie als selbstständige Abtheilung. Ueber den Mergellagern wird der Kalkstein reiner, und enthält nun eine so überraschende Menge von Polypengehäusen, daß man ihn in England darnach Korallen-Trümmergestein (Coral-rag) zu nennen pflegt. Aber nicht bloß die Menge dieser organischen Reste, auch das Auftreten neuer, sonderbarer Formen rechtfertigen die allgemeine Beachtung, welche der Kalkstein des oberen Jura besonders in neuerer Zeit gefunden hat. Seine obersten Schichten werden nämlich sehr deutlich schieferig, und liefern dadurch das Material zu den lithographischen Darstellungen, welche so allgemeines Interesse bei ihrem ersten Auftreten erregten, und mit Recht noch jetzt durch die hohe Vollendung, welche man ihnen gegeben hat, erwecken. Die Gegenden von Pappenheim und Solenhofen bei Eichstädt an der Altmühl und die Ufer der Wernitz bei Nördlingen und Donauwerth sind die Hauptbruchorte dieses wichtigen, auf Deutschland beschränkten Gesteins; sie gewähren uns nicht bloß das für die technische Benutzung brauchbare Material, sondern auch einen Reichthum an charakteristischen

Versteinerungen, welcher seines Gleichen nicht findet, weshalb der lithographische Kalkstein zu den interessantesten Fundorten fossiler Organismen überhaupt gehört. In ihm ruhen die Reste einer fliegenden Eidechse, Pterodactylus genannt, deren Fittige den Fledermausflügeln gleichen, aber bloß von dem fünften Finger der Vordergliedmaßen ausgespannt wurden. Dieser Finger, bei allen anderen Thieren der kleinste, erreicht beim Pterodactylus die doppelte Länge des Rumpfes und ragt weit vorwärts geschoben über die vier anderen Zehen eben so viel hervor. Minder merkwürdig, als dieses sonderbare Geschöpf, welches durch das Räthselhafte seines Baues den Naturforschern viel zu schaffen gemacht hat, sind zahlreiche Krebse, abweichend in mehreren Punkten von den heutigen, und Insekten, besonders Wasserjungfern, die den jetzigen schon mehr gleichen. Fische und Schildkröten kommen zu diesen Thieren noch hinzu und zeigen, gleich den vorigen, einen stets gleichmäßigen Fortschritt der Organisation mit dem Boden, der sie trug oder ihnen als Tummelplatz diente.

Den Schluß des oberen Jura macht übrigens in England kein Schiefer, sondern es folgt dem Coral-rag ein bis 600 Fuß mächtiges bituminöses Mergel- und Thonlager, welches nach seiner Hauptstelle Kimmridger Thon genannt wird, und analog auch auf dem Festlande in Frankreich, wie in der Weserkette (Profil, f.) beobachtet wurde, aber dem baierschen oder schwäbischen Jura nicht eigen ist. Darüber liegt als oberstes Glied eine mehr homogene Kalkschicht von hellweißer Farbe, welche nach ihrem Hauptbruchplatze den Namen des Portlandsteines (Portland-stone) führt und das wichtigste Material für alle Prachtbauten der riesenmäßigen Hauptstadt des Inselreiches liefert. Die majestätische Paulskirche, das stolzeste Denkmal britischer Größe und Herrlichkeit, wurde daraus aufgeführt, und nicht minder die Denksäulen, welche an die Tage von Trafalgar und Waterloo, wie an die unheilschweren des großen Brandes vom 2. bis 7. September 1666 erinnern; Monumente, an deren Anblick ich mich selbst erfreuen und dabei ihren Gründern meine stille Bewunderung darbringen konnte. Eine merkwürdige Steckmuschel (Pinna granulata), wegen ihrer Aehnlichkeit im Umriß auch Schinkenmuschel genannt, bezeichnet diese Schicht im nördlichen Deutschland, und findet sich hier in Gesellschaft von Pholadomyen, Trigonien, Exogyren, Nerinen und Dicerasarten (Muscheln, deren Eigenheiten später erklärt werden sollen), welche in England den Portlandstein charakterisiren. —

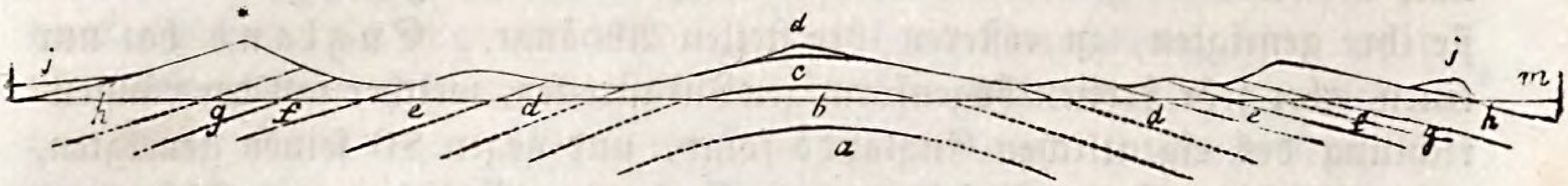
Werfen wir nun noch einen Blick auf die Oertlichkeiten dieser großen Formation, so treffen wir sie zwar in bei weitem größerer Ausdehnung, als die vorigen, durch den mittleren Theil Europas verbreitet, aber dagegen gar nicht in anderen bisher untersuchten Erdtheilen, wie namentlich in Amerika. Auf dem europäischen Festlande hat sie ihr Hauptcentrum in

dem bekannten Gebirgszuge am Westrande der Schweiz, dessen Namen sie erhielt, und zieht sich von da in ganz gleicher Richtung von WSW nach ONO durch Würtemberg und Baiern bis nach Regensburg hin, wo die Streichungslinie rechtwinklig absetzt und dem Böhmerwalde parallel bis zum Main sich wendet, also Thüringen fast erreicht. Zwischen Kaiserstuhl und Eglisau wird der Jura vom Rhein, der ihn bei Schaffhausen berührt und bis zum letztgenannten Orte seinem Fuße folgt, durchbrochen, und hier hat er seine schmälste Stelle. Er zieht sich dann als die Hauptmasse der schwäbischen Alp am nördlichen Ufer der Donau fort, oder diese folgt richtiger seinem Zuge, und hat nach NW seinen steilen, nach SO seinen geneigten Abhang. Ueberall ist derselbe nach dieser Seite hin sehr sanft, und die oberste Schicht, der Korallenkalkstein, durch eine blendende Weiße ausgezeichnet. Von Regensburg an wird der Charakter nordwärts durch das Auftreten mächtiger Dolomitmassen im Jura sehr geändert, und da dieselben bis zum Main hin überall den mittleren Haupttheil der Juraschichten ausmachen, so hat diese Strecke des deutschen Jura einen sehr abweichenden eigenthümlichen Charakter. Die Streichungslinie derselben parallel mit dem Böhmerwalde und Fichtelgebirge unterstützt gar sehr die Ansicht L. v. Buch's, welche den Dolomit für ein späteres, durch Metamorphismus entstandenes Gebilde erklärt; denn nur so lange als die neptunischen Niederschläge den aus offenen Spalten hervorgetretenen plutonischen Gesteinen parallel laufen, sind sie an geeigneten Punkten in massigen Dolomit verwandelt worden. Dem deutschen Jura entspricht übrigens ein ganz ähnlicher französischer Jura, welcher mit dem schweizer Jura in der Mitte zusammenhängt, sich von der Westküste bei la Rochelle unter einer leichten Krümmung nach Poitiers, Chateauroux, Bourges, Chaumont, Verdün bis zu den Quellen der Oise hinzieht und hier am Fuße der Ardennen endet. Dieser Jura hat seinen steilen Abhang nach SO, seinen geneigten nach NW, also umgekehrt wie der deutsche Jura; beide fallen wie von einem Centrum nach entgegengesetzten Seiten ab und umschließen mit dem Schweizer Jura im großen Halbkreise ein Becken, welches nach Norden durch Hundsrück, Taunus, Vogelsberg, Rhön und Thüringer Wald geschlossen wird. Der französische Jura entwickelt im Süden einen anderen Zug, welcher von la Rochelle nach Montpellier sich wendet, und die granitischen Massen, aus deren Centrum die Vulkane der Auvergne und des Vivarais hervortreten, umfaßt, seinen steilen Abfall gegen dieselben, den geneigten nach außen wendend. Ein dritter französischer Jura zieht sich am Fuße älterer Formationen quer durch die Bretagne, Normandie und Maine, von la Rochelle, Poitiers über Saumur, Angers, Mans nach Caen; er bildet mit den beiden andern Zügen in Frankreich zwei achtförmig neben einander liegende Becken, wodurch dieses Land in vier große Gebirgssysteme eingetheilt wird, zwei

ältere, die nach NW und SO zwischen den Schenkeln liegen, und zwei jüngere nach SW und NO zu beiden Seiten der Juraketten. Zu letzteren wenden sie ihre geneigten, zu ersteren ihre steilen Abhänge. England hat nur einen, aber sehr breiten bogenförmigen Jurastreifen, welcher fast der Längenrichtung des eigentlichen Englands folgt, und gegen SO seinen geneigten, gegen NW seinen steilen Abfall wendet. Er beginnt südlich an den Küsten von Dorset und geht in der Richtung nach Orford über Northampton, Lincoln zur Mündung des Humber, wo er endet. Ueberall liegen die tieferen oder Liasschichten am Nordwestrande dieses Gürtels, und schließen sich an die schmalen Züge des gleichlaufenden Keupers an. Nordwärts davon finden sich die mächtigen Kohlendistrikte, denen England einen großen Theil seines Reichthums und sein industrielles Uebergewicht verdankt. In der That erreichen Kohlenflötze in keinem andern Theile Europas eine solche Ausdehnung, wie hier auf einer verhältnißmäßig geringen Fläche. — Das mittlere Europa zeigt uns noch an zwei Stellen Juraschichten. Die eine und bei weitem kleinere Erstreckung derselben findet sich nordwärts vom Harze, in der Kette des Wesergebirges, wo besonders die mittleren Juraschichten mit den braunen Sandsteinen angetroffen werden; die zweite sehr mächtige Ausbreitung des Jura begleitet die Alpenkette von Nizza bis Wien am Nordrande, und vom Lago Maggiore am Südrande bis über Laybach hinaus nach Croatien. Weniger genau sind die Strecken bekannt, in welchen der Jura an den Karpathen und in Siebenbürgen auftritt; daß er aber auch hier nicht fehle, wissen wir bereits gewiß.

Ueber den Ursprung dieser in bogenförmigen Zügen höhere Bergrücken oder Strecken umfassenden Juraschichten hat L. v. Buch eine sehr glückliche und geistreiche Hypothese aufgestellt, indem er sie mit den Korallenriffen vergleicht, welche in den südlichen Meeren die größeren Continentalmassen und namentlich Neuholland umgeben. In der That scheinen die ungeheuren Massen von Korallen, aus denen die oberen Juraschichten bestehen, dieser Bildung das Wort zu reden, und es begreiflich zu machen, wie der in den europäischen Gebirgen so häufige Jura an andern Orten völlig fehlen könne. Auch deuten die furchenförmigen Längsthäler, welche den Schweizer-Jura terrassenartig abtheilen, sehr bestimmt auf die Entstehung des Ganzen als untermeerisches Korallenriff hin, während die kurzen Querthäler den Lücken zu entsprechen scheinen, welche in den Korallenriffen an Strömungspunkten oder vor Flußmündungen freizubleiben pflegen. Da es indeß von den heutigen Riffen ziemlich ausgemacht ist, daß ihre Korallen nur auf den obersten Spitzen untermeerischer Felsen sich ansiedeln, so würde die stellenweis sehr große Menge der fossilen Korallen im obern Jura uns ebenfalls auf schon früher vorhandene Felswände, die auch den Jura-Korallen zur Unterlage dienten, hinweisen. —

6. Kreideformation.



Durchschnitt durch das südliche England aus der Gegend von London nach Brighton bis ans Meer 5).

Die Gruppe der Kreide, der letzte Abschnitt des Flözgebirges im Sinne Werner's genommen, schließt sich zunächst an den Jura, und besteht, wie er, aus Kalk- und Sandsteinen, von denen die beiden Schichten der Kreide und des Quadersandsteines die bekanntesten sind. Gewöhnlich liegen Sandsteine oder Mergel unmittelbar auf dem Jura, und die Kreidelager machen den Schluß; so ist es namentlich in Frankreich und Deutschland, wo die Kreidegruppe in bedeutender Ausdehnung sich entwickelt hat. Dagegen treten in England dichtere Kalksteine, welche mit eisenhaltigen Thon- oder Sandlagern wechseln und hie und da in Mergel übergehen, als die Bestandtheile eines Zwischengliedes zwischen Jura und Kreide auf, welches nur hier und in den Hügeln der Weserkette, von Helmstädt bis Osnabrück, vorkommt. Unter dem Namen der Wäldergruppe pflegt man diese Schichten zusammenzufassen, und in ihnen von unten nach oben den Purbeckkalkstein (250′ mächtig, s. das Profil, a), den Hastingssand (b, 400 — 500′ mächtig) und den Wälderthon (weald-clay, c, 150 — 200′ mächtig), als besondere Lagen zu unterscheiden. Durch einen großen Reichthum an Süßwasser- und Landthieren, deren Reste sie umschließen, sind diese Schichten merkwürdig; sie zeigen sich dadurch als eine Süßwasserformation an, die ihre Entstehung aus Absätzen großer, von höher gelegenen Ländermassen herabgekommener Binnengewässer erhielt, und erklären damit zugleich ihr vereinzeltes lokales Auftreten. Denn nur in England wird eine beträchtliche Landstrecke, namentlich fast ganz Sussex und ein Theil von Surrey und Kent, von ihnen gebildet; in Deutschland hat man an einer analogen Zusammensetzung aus eisenschüssigen Sandsteinen, die zunächst über den jüngsten Gliedern des Jura liegen, diese Schichten wieder erkannt, ohne in ihnen genau dieselben Eigenthümlichkeiten der Massen anzutreffen. Mehr scheinen die Versteinerungen beider Gebiete übereinzustimmen.

---

5) Der Durchschnitt beginnt südlich von London unweit des 880 Fuß hohen Botley Hill (*) und reicht in einer Ausdehnung von etwa 9 Meilen bis an den Kanal bei Newhaven; Höhe und Länge verhalten sich in ihm, wie 10 zu 1. Man sieht, daß die drei Schichten der Wäldergruppe (a. b. c.) einen Sattel bilden, an den sich von Norden und Süden her die Kreideglieder anlehnen; d. ist ein unterer blauer Mergel (Neocomie); e. Grünsand; f. oberer blauer Thonmergel (Gault); dann folgt der Kreidemergel mit dem oberen Grünsand g. und über ihm die Kreide selbst h.; i. ist die unterste Tertiärschicht, der plastische Thon; m. der Meeresspiegel. —

Desto bestimmter sind die wirklichen Glieder der Kreidegruppe ausgezeichnet. Wir nehmen zwei Hauptgesteine an. Das eine, der Quadersandstein, hat gewöhnlich eine grauliche Farbe und besteht aus Quarzkörnern, die theils ohne Bindemittel an einander hängen (eigentlicher Quadersandstein), theils durch etwas Thon und Kalk, also durch Mergel, zusammengefügt sind (Glauconie in Frankreich, Macigno in Italien genannt). An den meisten Orten ist diese Verbindung locker, und daher neigt kein anderer Sandstein so sehr zu Verwitterungen, wie er; viel weniger jedoch die sehr kalkhaltige Glauconie, und ihr Stellvertreter, der feinkörnige Macigno. Zahlreiche Klüfte, welche das Gestein senkrecht gegen die Schichtungsflächen durchsetzen, tragen außerordentlich zu seiner leichten Verwitterung bei, und bedingen das merkwürdige pyramiden-, säulen- und obeliskenförmige Ansehen, welches dem Quadersandstein an vielen Orten eine so eigenthümliche Physiognomie giebt. Von jeher für Gebilde angesehen, die mehr künstlichen als natürlichen Ursachen ihr Entstehen verdanken, hat man solche merkwürdig gestaltete Quadersandsteine mit dem Namen von Teufelsmauern bezeichnet, und unter dieser Benennung dürften die am nördlichen Fuße des Harzgebirges zwischen Gernrode und Blankenburg sich hinziehenden Quadersandsteine manchen meiner Leser sehr wohl bekannt sein. Nicht minder ausgezeichnet sind die flach abgestutzten, von hohen Aufschüttungen ihrer verwitternden Wände am Fuße umgebenen Kegelberge der sächsischen Schweiz, vor allen der Lilienstein, einer der regelmäßigsten unter ihnen. Wer kennt nicht die Thürme und Spitzen eben dieses Gebirges in den Umgebungen der Bastei, dem Königstein gegenüber, und bewundert nicht das Geschick, mit welchem die mannigfachen Zacken und Felsennadeln durch künstliche Bögen, Brücken und Altane zu einem Ganzen vereinigt sind. Vielleicht überraschen den Beobachter indeß noch mehr die hohen und schlanken Säulen des Bieler Grundes, mit den einzelnen, schön belaubten Bäumen auf ihrer Spitze, und den vielfachen Unterschieden im Durchmesser wie in der Höhe; lauter Wirkungen der fortschreitenden Verwitterung vormals zusammenhängender Kegelberge, die dem Lilienstein an Größe und Gestalt ähnlich waren. Eben so allgemein bekannt, und wegen der nahen Kurorte vielleicht noch mehr berühmt, sind die böhmischen Quadersandsteine bei Adersbach, wo die Verwitterung stellenweis nicht von oben nach unten, wie an den sächsischen, allmälig fortgeschritten ist, sondern unten rascher eingriff und Formen bewirkte, die allem Abenteuerlichen die Spitze bieten. Große, hundert Fuß hohe Keulen schweben auf dünnem Fußgestell senkrecht in der Luft und drohen jeden Augenblick einem Verwegenen, der etwa ihr Gleichgewicht gewaltsam stören wollte, den Untergang. Und doch kennt man sie in dieser Gestalt schon seit Jahrhunderten.

Aber nicht bloß das östliche Deutschland, auch das westliche hat seine sonderbar gestalteten, merkwürdigen Quadersandsteine. Die Westphalen

erzählen gern von ihren berühmten Extersteinen, welche in der Nähe von Horn gleich Ruinen uralter Riesenbaue in langer Reihe sich hinziehen. Auf ihren senkrechten Wänden sieht man die Leidensgeschichte des Heilands in kolossalen künstlichen Darstellungen, die nach beglaubigten Documenten schon im eilften Jahrhundert vorhanden waren.

Wie seiner merkwürdigen Umrisse halber der Quadersandstein anziehend ist, so verdient er noch mehr unsere Beachtung wegen der vielfachen Benutzung zu Bauwerken. Minder hart als die bunten oder rothen Sandsteine läßt er sich eben deshalb leichter bearbeiten, und seine eigenthümliche Zerklüftung formt ihn mit der ihr entgegenstehenden Schichtung schon von selbst zu Quadern; Eigenschaften, denen er seinen Namen verdankt. Er hat daher seit Jahrhunderten die Aufmerksamkeit der Anwohner erregt, und wie der Portlandstein zu den Bauten Londons, so der Quadersandstein zu den Bauwerken Dresdens das Material geliefert. Pirna ist der Ort, in dessen Nähe der meiste gebrochen und weit auf der Elbe und ihren Nachbarflüssen verfahren wird. Indeß eignet sich der Quadersandstein wegen seiner leichten Verwitterung mehr zu architektonischem Schmuck im Innern der Gebäude, als zu äußeren Verzierungen; hier muß er mit einer Tünche bedeckt, oder noch besser von Zeit zu Zeit mit Oel getränkt werden, wenn er dauerhaft bleiben soll. Aus demselben Grunde ist er für Stiegen und Treppen, zu denen man ihn häufig anwendet, weniger brauchbar, weil er sehr schnell sich abtritt, und schon viel früher, als Holz, abgenutzt wird. —

An manchen Orten, und namentlich in England, ist das Bindemittel des Kreidesandsteins weder Thon noch Kalk, sondern eine Mischung von diesem und erdigem Chlorit (S. 164), welcher wegen seiner Farbe den Namen Grünerde führt, und dadurch dem ganzen Gestein sein Ansehen mittheilt. Solche Schichten bilden den Grünsand, und die in ihnen vorkommenden bläulich-grauen Thonlager, welche unten in Mergellager übergehen, den Gault oder Galt der Engländer. Durch sie theilt sich der Grünsand in zwei Etagen, und wenn unter der ersten noch eine zweite mächtige Mergelschicht: die Neocomie der Franzosen, wiederkehrt, so kann man vier Hauptlager: die Neocomie, den unteren Grünsand, den Gault und den oberen Grünsand (die Glauconie) von einander unterscheiden. Auf dem Profil S. 222 sind sie durch die Buchstaben d, e, f und g angedeutet.

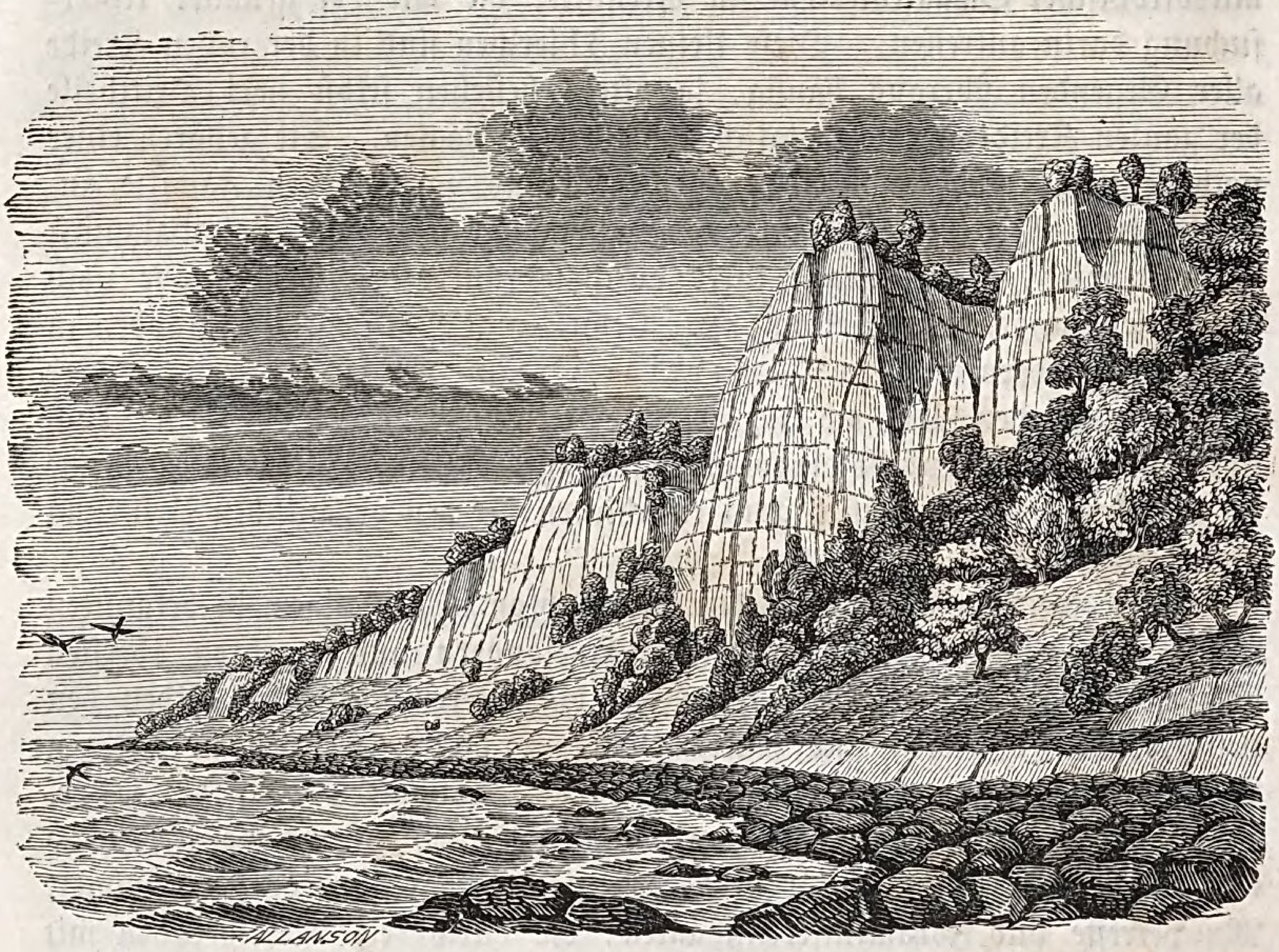
Versteinerungen führt der eigentliche Quadersandstein im Ganzen weniger als die Kreide, nur stellenweis enthält er Schichten, die zahlreiche organische Reste umschließen; häufiger sind sie in der Neocomie und Glauconie. Abdrücke von Pflanzenblättern, einige Korallen, besonders aber Radiaten, Muscheln und Schneckenschaalen hat man in ihnen gefunden. Sehr häufig enthalten sie Arten der jetzt völlig untergegangenen Ammonitengattung, und was besonders wichtig ist, auch Spuren von Vögeln,

namentlich ein ganzes Skelet im Glarner Schiefer, welcher über der Glauconie liegt, sind daraus hervorgezogen worden.

Allgemeiner bekannt wegen ihrer vielfachen Benutzung ist die weiße Kreide, das zweite Hauptgestein ihrer Formation. Jedermann kennt diese lockere, erdige Substanz, welche wir zum Schreiben, Färben und manchen anderen Zwecken benutzen; allein nur Wenige dürften über die eigentliche Beschaffenheit derselben sich bereits unterrichtet haben. In ihrer chemischen Zusammensetzung von den Kalken älterer Formationen, die mehr oder mindere Antheile von kohlensaurer Talkerde enthalten, nicht anders, als durch den fast vollständigen Mangel der letzteren verschieden, ist die Kreide doch leicht an ihrem lockeren Gefüge und der oft zahllosen Menge mikroskopischer Schaalthierreste zu erkennen, die wir bei genauer Untersuchung darin antreffen. Diese kleinen Thierchen sind in der rohen Kreide aller Gegenden überaus häufig, ja öfters bestehen selbst zwei Drittheile der ganzen Kreidematerie lediglich aus ihren Schaalen. Sie gehören einer noch jetzt in correspondirenden Formen lebend vorhandenen Familie an, welche das Meer bewohnt und Foraminiferen oder Polythalamien genannt wird, allein wegen ihrer durchaus mikroskopischen Größe noch immer sehr ungenügend bekannt ist. Denn einige Naturforscher glauben in ihren Mitgliedern infusorienartige Organismen zu erkennen, andere stellen sie zu den Polypen, oder gar zu den Tintenfischen; doch scheint die zweite Ansicht die wahrscheinlichste zu sein. Ihre große Menge in der Kreide zeugt freilich ganz entschieden für den organischen Ursprung dieses Gesteins.

Die Kreide tritt übrigens keineswegs bloß in der allgemein bekannten Form als weißer erdiger Kalkstein auf, sondern nur in ihren obersten Schichten hat sie diese Beschaffenheit; die älteren Kalksteine bilden den hellgelblichen dichteren und festeren Plänerkalk, welcher an anderen Orten einen mehr mergelartigen Charakter annimmt. Nur die weiße, erdige Kreide ist so vorwiegend organischen Ursprungs und wahrscheinlich eine mächtige Schicht aus dem Meere niedergefallener Korallentrümmer, Muschelreste und Foraminiferenschaalen, die durch freie Kalktheilchen mit einander verbunden wurden. Sie scheint in großen weiten Meerbusen aus der beständigen, Jahrhunderte fortdauernden Zerstörung von Korallenriffen und allen möglichen Seethiergehäusen entstanden zu sein, und eben deshalb mehr, als jedes andere marine Gebilde, einen organischen Ursprung zu haben. Denn ganz ähnliche Sedimente bilden sich noch jetzt in den flachen Lagunen zwischen den Koralleninselgruppen der Südsee; dort erzeugt sich ein weißes kreideartiges Gestein fortwährend aus den vom Meere abgespülten Theilen der Riffe, indem innerhalb des Korallenringes, wo das Wasser ruhiger ist, die von der Brandung hineingetriebenen Massen sich sammeln und mit den zahllosen Foraminiferen sich mischen, welche jene Küsten bewohnen. Die langjährige Dauer dieser Processe ist aus der

Mächtigkeit der weißen Kreide zu ersehen; sie erreicht in dieser Form bis 500 Fuß Stärke, namentlich an den ostwärts gewendeten Küsten der Inseln Rügen, Moen und Seeland, oder den gegenüberstehenden Schwedens. Auf der zuerst genannten Insel tritt sie an der berühmten Stubbenkammer, ein durch Naturschönheiten mannigfach ausgezeichnetes Vorgebirge Jasmunds, dessen Bild wir nebenstehend mittheilen, in größter Mächtigkeit auf, und erhebt sich in dem obersten Punkte desselben, dem Königstuhl, beinahe 550 Fuß hoch über den Spiegel der Ostsee; als senkrechte Felswand aus den Geschiebebänken, die ihren Fuß umgürten, emporsteigend. Aehnlich wie der Quadersandstein durch Klüfte gespalten,



hat die Feuchtigkeit und der Regen dieselben seit Jahrhunderten erweitert, und einen Theil in Spitzsäulen und Pfeiler, welche malerisch gruppirt die Hauptmasse des Königstuhles umgeben, verwandelt. Hier in der Nähe meiner Heimath, pflegte ich schon als Knabe oftmals den ergreifenden Eindrücken dieser großartigen Naturerscheinung mich hinzugeben, und mit einem Male von der schwindelnden Höhe den tiefen Abgrund unter mir, das unabsehbare Meer vor mir und die mannigfachen Schlünde zwischen den Felsenzacken und Spitzen neben mir zu überblicken, welche der erhabenste Standpunkt, die Spitze des Königstuhles, seinem Besucher darbietet. Aber wie schön und ergreifend auch dieser Blick von oben in die unendliche

See mit den zahlreichen weißen Segeln am Horizonte rings umher sein mag, imposanter ist der Eindruck, welchen der ungeheure Kreideblock auf den Beobachter macht, wenn er an seinem Fuße stehend zur Höhe hinaufblickt und hinter sich das Brausen der Wogen vernimmt, die an vielen tausend größeren und kleineren Felsblöcken umher sich brechend, ihn mit ihren aufspritzenden Wassern benetzen. Kolossale Geröllmassen, Trümmer skandinavischer Gebirge, die das Meer einst auf Eisschollen hieher führte, umgeben in dichtgedrängter Fülle das Ufer, und schützen als mächtige Geschiebebänke (S. 29) die nur durch solche Dämme dem Untergange entrissenen erdigen Felsmassen vor fortschreitender Zerstörung. Doch nagen Verwitterung und Regen an ihnen eben so erfolgreich, wie an den ganz ähnlichen Bergen des Quadersandsteins, und häufen am Fuße einen hohen Wall abgespülter Kreide und Schuttmassen auf, welche die emsig wuchernde Vegetation bereits mit den stattlichsten Buchen und Birken wieder bekleidet hat. So wechselt hier blendendes Weiß mit dem milden Grün der Pflanzenwelt, die mannigfaltig in den Höhen und Tiefen über einander sich gestaltend, unwillkürlich die Vorstellung in uns erweckt, daß das organische Leben eine unversiegbare Quelle vom Werden und Entstehen enthalte, und daß selbst auf Trümmern noch sein Dasein mit Erfolg sich gründen lasse. Wie viel schneller mochte es nicht in den frühern Perioden, wo die Jugend der Erde noch größere Kraft und Ueppigkeit entfaltete, sich aufs Neue nach gewaltsamen Katastrophen entwickeln. Während der bloße Tourist an solchen Schönheiten sich weidet, erkennt der aufmerksame Beobachter bald Querlinien schwarzer Körper, welche in ungleichen Absätzen, 2 — 4 Fuß von einander, an der ganzen Kreidewand von unten bis oben in paralleler Richtung sich zeigen, und bei genauerer Betrachtung bald als eben so viele Zoll starke Straten schwarzer knollenförmiger Feuersteine sich zu erkennen geben. In ungeheurer Menge bedecken sie den Boden. Abgespült vom Regen und durch die größere Schwere weiter fortgeführt, als die Kreide, gelangen sie bis unmittelbar ins Meer, und werden von diesem hin- und hergerollt, bis sie nach und nach zu Kugeln, Eiern und andern Formen sich abrunden. Manche von ihnen sind hohl; andere umschließen in der Höhlung einen festen, meist organischen Kern, den bei jeder Bewegung ein klappernder Ton verräth; noch andere sind inwendig mit den schönsten, aber sehr kleinen Quarzkrystallen überzogen, und die meisten enthalten oder erfüllen organische Körper. Dieser Umstand und das öftere Vorkommen der Kieselerde als Material sehr vieler Petrefakten (vergl. S. 38), läßt uns nicht zweifeln, daß die fremden organischen Körper anziehend auf die Kieselerde der Feuersteine einwirkten 6) und gewissermaßen die Mittelpunkte wur-

6) L. v. Buch hat diesen Proceß in einer Abhandlung der Akademie der Wissenschaften zu Berlin aus dem Jahre 1831 (Physikalische Klasse Seite 43) lehrreich besprochen. Neuerdings beleuchtete Petzoldt die Phänomene der Silification. (Halle 1853. 4.)

den, um welche sie sich absetzte. Nehmen wir z. B. an, die Kieselerde sei im Meere aufgelöst gewesen, vielleicht als Kieselgallerte, ausgeschieden aus früheren chemischen Verbindungen, so mußte sie auch mit in die Kreideniederschläge eingehen, welche sich in dem Meere bildeten. Als dieselben nach und nach durch den Verlust ihres mechanisch eingeschlossenen Wassers fester wurden, sammelte sich die freie Kieselerde zu Knollen um die größeren organischen Körper, welche mit in der Kreide enthalten waren. Die Anziehung der letzteren erstreckte sich aber nur auf gewisse Entfernungen und veranlaßte dadurch die scheinbar lagerweise Ansammlung der Feuersteinknollen; in so fern nämlich scheinbar, als sie erst später an Ort und Stelle in ziemlich gleichen Abständen von einander entstanden. Denn ihre Umwandlung aus weicher Masse zu harten Knollen geschah sicher in der Kreide selbst, davon überzeugt uns ihre Beschaffenheit, besonders die Anwesenheit einer Kreiderinde, welche, allmälig an Kreidegehalt abnehmend, in die Feuersteinsubstanz eindringt, gerade so, wie es geschehen mußte, wenn die Kieselgallerte noch weich in der Kreide lag und aus ihr sich abschied. Dagegen rührt die verschiedene graue, schwarze, gelbe oder braune Farbe des Feuersteins in seinem Innern von organischen Substanzen her, sowohl thierischen als pflanzlichen, deren Reste wir noch jetzt in der Masse, oft unverändert, entdecken; schwerlich aber sind die Feuersteine ganz und gar organischen Ursprungs, wie man, seit Ehrenberg in ihnen die Kieselhüllen der Bacillarien und die Spongillennadeln nachgewiesen hatte, anzunehmen geneigt ward. Eben dieser ausgezeichnete Beobachter erklärt die Feuersteine für umgewandelte Schichten jener die Kieselerde in ihre Substanz aufnehmenden Geschöpfe, und sucht die Annahme, daß ihre kieseligen Rückstände durch einen noch unbekannten Proceß wieder erweicht und als Kieselgallerte coagulirt seien, besonders mit Hülfe des Umstandes zu begründen, daß in den Kreidegebilden der Gegenden am Mittelmeere, in welchen die Feuersteinknollen fehlen, abwechselnd mit den Kalkschichten dünne Mergellagen auftreten, die bei genauerer Untersuchung eben so vorwiegend aus kieseligen Bacillarienhüllen bestehen, wie die Kreideschichten aus Polythalamienschaalen. Solche Mergellagen hält nun Ehrenberg für das Analogon der Feuersteinknollen in der Kreide des nördlichen Europas und glaubt, der Unterschied beider Kreideformationen bestehe vorzugsweise in der Umwandlung der einzelnen Bacillarien zu einer homogenen Kieselmasse, welche Umwandlung in der südlichen Kreide nicht eintrat, weil wahrscheinlich die Bedingungen dazu fehlten. Zwar spricht der organische Inhalt der Feuersteinmasse, dem sie ihre Farbe verdankt, wohl für diese ingeniöse Annahme, allein anderer Seits fehlt uns noch die Kenntniß des Mittels, welches die Umwandlung der Bacillarienhüllen in compacte Kieselerde hätte bewirken können. Nebenbei finden sich in vielen Feuersteinen völlig unveränderte Bacillarien zugleich mit den Kieselstacheln der Spongillen, welche so oft, als nicht minder räthselhafte Geschöpfe,

die Bacillarien zu begleiten pflegen; und beide leiten uns durch ihre unversehrte Beschaffenheit auf den Schluß, daß sie in die weiche gallertartige Kieselmasse des Feuersteins wohl eher eingedrungen seien, als vielmehr letztere aus den ihnen ähnlichen Organismen hervorgegangen. Denn man begreift bei dieser Annahme nicht, warum einige der anwesenden Individuen unverändert blieben, obgleich sie eben so gut, wie die übrigen, dem Umwandlungsproceß ausgesetzt waren. Endlich konnten die Organismen ihre Kieselerde nicht selbst bilden, sondern nur aus dem Wasser abscheiden; sie mußte also ohnehin im Wasser aufgelöst enthalten sein und konnte füglich auch ohne Dazwischentreten der Geschöpfe aus ihm abgeschieden werden, wenn andere Verhältnisse eintraten. —

Kommen wir schließlich zur Ausbreitung der Kreideformation in der Gegenwart, so bemerken wir Glieder derselben in den meisten Gegenden Europas, aber theils sehr isolirt, theils von ganz verschiedener Masse. Als weiße Kreide mit Feuersteinknollen findet sie sich im nördlichen England, an vereinzelten Punkten der Inseln Moen, Seeland, Rügen, an den Küsten von Schonen, hie und da auf dem Festlande in Pommern, Preußen, Polen und weiterhin im mittleren Rußland zwischen der Wolga und dem Pruth bis an den Caucasus. Alle diese jetzt getrennten Kreidelager scheinen einem vormals zusammenhängenden Kreidebecken anzugehören, das sich in der angedeuteten Richtung von NW nach SO durch das nördliche Europa erstreckte, und besonders die jüngeren obersten Glieder der gesammten Kreideformation in sich aufnahm. Diesem Becken parallel zog sich durch das südliche England, das nördliche Frankreich und Belgien, von Brüssel über Mastricht bis nach Aachen, ein anderes Kreidebassin, welches diesseit des Rheines am Fuße der Haar durch Westphalen sich fortsetzt, den Südabfall des Teutoburger Waldes bildet, am ganzen Nordrande der Weserkette wie des Harzes hinläuft, durch Sachsen in Böhmen eindringt, dem Laufe der Elbe bis zum Fuße des Riesengebirges und der Sudeten folgt, und noch weiter ostwärts in den Karpathen hervortritt. Den meisten Gegenden dieses zweiten Kreidebeckens fehlt das oberste Glied der Formation, die erdige Kreide mit den Feuersteinen ganz; dagegen tritt z. B. am Teutoburger Walde ein festerer hellgrauer Kalkstein auf, welcher nach oben in gleichfarbige, nach unten in dunklere Mergel mit Kalknieren übergeht, und auf sandigen Schichten mit Hornsteinknollen ruht, denen theils Grünsandbänke, theils bräunliche eisenschüssige Sandsteine folgen 7). In Sachsen und Böhmen ist ziemlich dieselbe Schichtenreihe besonders entwickelt. Der Quadersandstein hat eine sehr verschiedene, aber vorherrschend graue, seltner gelbliche oder bräunliche Farbe, ist stets ohne Kalkgehalt und nur thonig. Auf ihm liegt ein gelblich-grauer Mergel, der

---

7) Man vergl. den Durchschnitt S. 162.

wegen seiner zahlreichen Versteinerungen dem Gault der Engländer entsprechen muß, was den Sandstein dem unteren Grünsand gleichstellt; daher unterer Quader. Ueber diesem sogenannten Plänermergel folgt der gelblich-graue, seltner dunkel-graue Plänerkalk: bald ein reiner, selbst krystallinischer Kalkstein, bald thonhaltig und fast mergelig, dessen Versteinerungen den Schichten unter der weißen Kreide gleichkommen. Ein grobes Conglomerat trennt ihn an manchen Orten von dem unter ihm liegenden Mergel, während er selbst in der Regel von einem anderen grauen, oft grobkörnigen Sandstein bedeckt wird, der diesen Gegenden eigenthümlich zu sein scheint und hier oberer Quader genannt wird. Etwas anders, obgleich im Ganzen analog, zeigen sich die Kreideschichten am Nordrande des Harzes. Sandsteine, welche dem oberen Quader entsprechen, bedecken sie. Die weiche erdige Kreide fehlt, wie in Sachsen, aber die Feuersteinschichten sind in dem festeren hellgrauen oder weißlichen Kalke unter den Sandsteinen vorhanden; darauf folgt ein sandiger thonreicher Mergel, das Aequivalent des Gaults und Plänermergels, der abwärts allmälig in den unteren Quader übergeht. — Noch eigenthümlicher erscheint die Kreideformation des südlichen Europas, an den Küsten des Mittelmeeres von Spanien bis Syrien, und weiter nördlich in Südfrankreich zwischen Cahors und la Rochelle. Allen diesen Kreidegebilden geht die erdige Kreide mit den Feuersteinen ab, statt deren ein grauer, brauner, selbst rother oder schwarzer, fester Kalkstein (Hippuritenkalk) mit den schon erwähnten Mergelschichten und eine durch eingestreute grüne Körner (chloritische Kreide) merkwürdige Abänderung desselben auftritt, während Sandsteine und zähere graue Mergel (Neocomie) als tiefste Schichten die Stelle des unteren Quaders der norddeutschen Kreidegebirge vertreten. Dies ganze Kreidegebiet bildet ein drittes ziemlich scharf abgeschlossenes Becken, worin die ältesten Kreideglieder enthalten zu sein scheinen. Es umfaßt alle niedrigen Vorberge der bezeichneten Gegenden, namentlich die Gebirge im südlichen Spanien, den Fuß der Pyrenäen, einen großen Theil der Apenninenkette, der sicilianischen Gebirge und der Bergreihen am Nordrande Afrikas. — Außerhalb Europa ist die Kreideformation in Nordamerika am unteren Mississippi und oberen Missuri nachgewiesen; auch weiter östlich in Alabama, Georgien, Süd-Carolina, Virginien und New-Jersey beobachtet worden. Besonders ausgedehnt scheint sie sich über das Innere der Vereinigten Staaten, den „fernen Westen" der Ansiedler, zu verbreiten, und namentlich soll das ganze Stromgebiet des Missuri, wie weit es den Prärien des Blachlandes angehört, durch Kreideschichten seinen Weg führen. Sonach gehört die Kreideformation zu den allerverbreitetsten Gruppen.

Das organische Leben, welches mit der Kreidebildung in dieselbe Zeit fällt, war freilich sehr zahlreich und mächtig, allein lange nicht so eigenthümlich, wie zur Zeit, als die Juraschichten entstanden. In ungeheurer Menge finden sich außer den Foraminiferen andere Meergeschöpfe der

unteren Klassen des Thierreiches, namentlich Zoophyten oder Korallinen und Radiaten in den obersten, ferner Muscheln, Schnecken und Cephalopoden in den mittleren und tiefsten Kreidegliedern. Für letztere sind die merkwürdigen Rudisten am bezeichnendsten; auch die Ammoniten und Belemniten, Geschlechter, von denen es heut zu Tage keine Arten mehr giebt, obgleich sie schon in früheren und zum Theil selbst in den ältesten Sedimenten sich finden, haben in der Kreide ihre eigentlichen Sammelplätze. Gliederthiere und Rückgratthiere sind seltner, namentlich fehlen luftathmende Gattungen fast ganz. Einige den Krokodilen und Lacerten verwandte Amphibien sind die einzigen Landbewohner, welche man aus der Kreideformation kennt. Von den Fischen waren die Haifische am zahlreichsten vorhanden. Pflanzenreste sind in Kreidegliedern sehr selten, obgleich sie dicht unter der Kreide in den Sandsteinen der Wäldergebilde noch häufig, und im Quadersandstein wenigstens bisweilen vorkommen. Die Bacillarien der Feuersteine und Kreidemergel, über deren thierische oder pflanzliche Natur rücksichtlich der lebenden Verwandten noch verschiedene Meinungen herrschen, waren, wenn man sie für Pflanzen zu nehmen hat, damals die hauptsächlichsten Repräsentanten des organischen Reiches. —

14.

Fortsetzung. — Tertiärgebilde. — Gruppe der Geschiebe. — Gegenwärtige Bildungen.

7. Tertiärformation.

Die Schichten, welche man gegenwärtig unter dem Namen der Tertiärgebilde zusammenfaßt, sind nicht sowohl durch ihre eigenthümliche Beschaffenheit ausgezeichnet, sondern vielmehr durch die Menge der in ihnen vorhandenen fossilen Organismen und deren große Aehnlichkeit mit den Gebilden der Gegenwart. Den Gesteinen dieser Periode fehlt es an einem eigenthümlichen mineralogischen Charakter ganz, und wenn auch im Allgemeinen mit Recht von ihnen ein geringerer Zusammenhalt und ein lockeres Gefüge als charakteristisch bezeichnet werden kann, so giebt es doch in dieser Gruppe noch Kalksteine, die an Festigkeit den früheren kaum nachstehen, und zu allen jenen Zwecken durch ihre materielle Beschaffenheit sich eignen, welche härtere Kalksteine so wichtig machen. Sie wechseln, wie in früheren Gruppen, mit Sandsteinen, Mergellagen und Thonflötzen; ja selbst große ausgedehnte Kohlenschichten, die weder im Jura, noch in der Kreide vorkommen, finden sich zwischen den tertiären Sedimenten wieder; aber freilich

in einer ganz anderen Form, nämlich als Braunkohlen. Demnach ist auch der mineralogische Gehalt nicht von dem der früheren, ja ältesten Perioden verschieden; also die Entstehung der Tertiärgebilde ganz auf dieselbe Weise, wie die Bildung jener älteren, denkbar. Und wenn in ihnen eine geringere materielle Festigkeit vorherrschend ist, so erklärt sich dieselbe von selbst durch den Mangel jenes gewaltigen Druckes, den alle späteren, über ihnen abgesetzten Schichten auf die älteren ausübten, sie dadurch im Laufe von Jahrtausenden zu so festen Massen comprimirend. Auch ist hierbei die reinere Beschaffenheit der Substanzen, aus denen die einzelnen älteren Schichten bestehen, zu beachten, und die größere Festigkeit derselben schon deshalb natürlich. —

Neben diesem im Allgemeinen wichtigen Charakter ergiebt sich ein zweiter, fast noch bezeichnender für unsere Periode; wenn er gleich eben so wenig ihr ausschließlich eigen ist. Das häufigere Auftreten von Süßwassergebilden zwischen den übrigen marinen Schichten zeigt nämlich auf einen sehr bedeutenden Antheil hin, den die Binnengewässer beim Absatz der tertiären Schichten gehabt haben. Die Bestimmung dieses Antheils ist nicht so schwierig, wie es vielleicht Manchem erscheinen mag; er erhellt aus den fossilen Organismen der einzelnen Straten mit Leichtigkeit. Gehören dieselben nämlich Thieren an, deren lebende Analoga sich nur in Teichen, Flüssen und Süßwasserseen aufhalten, so schließen wir wohl mit Recht auf eine ähnliche Lebensweise ihrer Vorgänger; finden sich zwischen diesen Süßwasserthieren auch Meerbewohner, so werden wir annehmen, daß durch die Revolutionen verschiedene Wasserbecken mit einander gemischt und ihre Bewohner in dieselbe Schicht eingebettet wurden; treffen wir endlich bloß Meergeschöpfe in gewissen andern Straten, so werden wir selbige für Absätze des Oceans halten müssen. Landthiere können daneben in allen drei Schichten vorkommen, je nachdem sie an den Ufern von Binnengewässern, oder an Meeresküsten, oder an beiden zugleich lebten; ihre Anwesenheit zeigt also für den Ursprung der Schicht auf nichts Gewisses hin. Dennoch ist das häufige Vorkommen von Säugethiergebeinen ein auszeichnender Charakter für die Tertiärgebilde und eine Erscheinung, die noch sicherer, als das Auftreten von Süßwassergeschöpfen, die große Analogie dieser jüngsten Periode vor der Jetztwelt mit der Gegenwart in allen Beziehungen darthut.

Um nun für die höchst mannigfachen, nur selten über größere Flächen ausgedehnten Tertiärgebilde, ihr gegenseitiges Vertreten und ihr relatives Alter einige sichere Anhaltepunkte zu gewinnen, hat man wieder die organischen Beischlüsse derselben als Führer benutzt und nach ihnen drei Unterabtheilungen angenommen, welche am richtigsten wohl durch untere, mittlere und obere Tertiärschichten sich bezeichnen lassen. Allein die Thatsache, daß in den untersten Schichten bei weitem weniger fossile Organismen mit heutigen übereinstimmen, als in den mittleren, in den ober=

sten aber die Menge gleicher Arten noch mehr zunimmt, bestimmte einige Beobachter, namentlich den französischen Naturforscher Deshayes, dafür die Namen Eocen-, Miocen- und Pliocen-Formation zu erfinden. Seine Untersuchungen, welche besonders auf Muscheln und Schnecken gegründet wurden, ergaben für die Eocengebilde ein Verhältniß der übereinstimmenden Arten zu den verschiedenen von 1 zu 30, in den Miocengebilden von 1 zu 5, und in den Pliocengebilden von 1 zu 3 oder 1 zu 2, ja stellenweis selbst von 8 zu 10. Wie interessant diese Resultate auch sein mögen und wie richtig dadurch gewisse Oertlichkeiten auch bestimmt werden, eine allgemeine Anwendung scheinen sie nicht zu verstatten; vielmehr wird bei den Tertiärgebilden weit häufiger, als bei früheren Formationen, eine beschränktere Ausdehnung der Schichten und eine darin begründete gleichzeitige Entstehung anscheinend verschiedenartiger Niederschläge angenommen werden müssen. Es fehlen daher nicht bloß eocene Schichten, wo miocene auftreten, sondern es kommen auch miocene Schichten an gewissen Orten unter ganz ähnlichen Umständen vor, wo an anderen pliocene Straten angetroffen werden; daher es weit weniger statthaft zu sein scheint, beide für auf einander folgende Gebilde zu halten, als sie für gleichzeitige, bloß örtlich verschiedene Absätze zu erklären. Aus diesem Grunde ist man neuerdings immer mehr von der strengen Sonderung der tertiären Straten nach Leitmuscheln zurückgekommen, und hat auch die darauf gegründeten, an sich schon sehr wenig gefälligen Benennungen wieder verlassen. —

In vielen Gegenden Deutschlands bestehen die untersten Tertiärschichten aus Thon- und Sandlagern, zwischen denen Braunkohlenflötze eingeschoben sind, und daher mag von ihnen zuerst die Rede sein. Der Sand, gewöhnlich die oberste Schicht, ist nur sehr wenig zu einem Ganzen verbunden, ja häufig kein wahrer Sandstein mehr, sondern ein bloßes Sandlager, das an der Luft in äußerst feinen glimmerhaltigen Sand zerfällt, und nur in seinen natürlichen Verhältnissen einen gewissen Grad von Cohärenz besitzt. Doch wird er an manchen Orten, z. B. auch bei Halle auf gewisse Strecken von einem sehr festen und harten Sandstein bedeckt, der durch Verkieselung des Sandes entstanden zu sein scheint, und wegen seines Vorkommens in isolirten unregelmäßigen Stücken hier den Namen Knollenstein führt. Die Thonlager sind gewöhnlich zäher, aber doch nicht eigentlich ein festes Gestein, sondern viel lockerer gefügt als die Thone früherer Formationen. Sie haben eine weiße oder hellgraue, mitunter aber auch eine gelbe, rothe oder braune Farbe, enthalten hie und da Eisenkiesknollen und eignen sich besonders zur künstlichen Verarbeitung; eine Anwendung, die gerade sie seit vielen Jahrhunderten erfahren haben. Alle Töpferwaaren und irdenen Geschirre werden aus diesem Thon gefertigt, und daher rührt die Benennung plastischer oder Töpferthon, welche man ihm zum Unterschiede von den jüngeren, mit Kalk und Sand stark

gemischten Thonlagern oder Lehmen, die nur zu Ziegeln und schlechtern Geschirren brauchbar sind, beigelegt hat. Der eigentliche plastische Thon ist stets fettiger anzufühlen, feineren Gefüges, hängt inniger in sich zusammen und ist unwegsam für Wasser, während der Lehm leichter vom Wasser durchdrungen und schnell von ihm abgespült wird. Mächtige Thonlager, wie solche von 60 und mehr Fuß Stärke vorkommen, schützen die unter ihnen liegenden Schichten vor Feuchtigkeit und bilden einen Damm, über dem sich die Erdwasser sammeln, und in der Richtung seines Fallens wieder hervorbrechen. Aus ihrer Nähe erklärt sich der gewaltige Quellenreichthum gewisser abschüssiger oder in natürlichen Vertiefungen des Bodens befindlicher Punkte und das Emporsteigen des Wassers in Bohrlöchern, die auf ähnliche abschüssig gelagerte Wasserscheiden stoßen und nun plötzlich der Flüssigkeit in der Tiefe, welche unter dem Drucke der gesammten über ihr stehenden Wassermasse sich befindet, einen längst gesuchten Ausweg bereiten. Auf dieselbe Art entstehen die natürlichen Springquellen und die künstlich erbohrten artesischen Brunnen. —

Zwischen den beschriebenen Thon- und Sandlagern pflegen also die Braunkohlen zu liegen, und mit ihnen öfters in mehrfacher Wiederholung, den Steinkohlenflötzen ähnlich, zu wechseln. Sie bestehen aus Schichten vegetabilischer Substanzen, die nicht völlig verkohlt sind, sondern nur mehr oder weniger in kohlige Materien umgewandelt wurden, und in andere Zersetzungsprodukte, namentlich in Bitumen oder Erdöl, dabei übergingen. Schon vielfältig habe ich dieses Stoffes, als eines Bestandtheiles der Materien und Schichten, gedenken müssen, aber bisher seiner eigentlichen Natur noch nicht Erwähnung gethan, weshalb an dieser passenden Stelle ein weiteres über denselben zu berichten wäre. —

Erdöl oder Steinöl (Petroleum) ist eine allermeist bräunliche, zähe, durch einen eigenthümlichen Geruch ausgezeichnete Flüssigkeit, leichter als das Wasser, fett anzufühlen, höchst brennbar und in seinen reinsten Formen hellgelb, selbst ziemlich wasserklar und dünnflüssig. In dieser Gestalt nennt man es auch Naphtha. Mit der Zeit verdunkelt es sich, wird braun, später schwarz, dicker, selbst breiartig, klebrig, und heißt nun Erdtheer oder Erdpech (Asphalt), je nach seiner Consistenz. In flüssiger Gestalt quillt es an verschiedenen Stellen, besonders in sandigen Gegenden, aus der Erde hervor, und bedeckt den Boden oder vermengt sich mit fließenden Gewässern, auf deren Oberfläche es fortgeführt wird; an anderen Stellen bildet es pechartige Ueberzüge, selbst Lager und felsenförmige Gruppen. So findet es sich besonders an Ufern von Seen, z. B. am todten Meere, auf dem Asphaltmassen umherschwimmen und seine Küsten als Schollen und Gerölle bedecken. Bekannter ist wenigstens in neuerer Zeit der Asphalt-See auf Trinidad geworden, dessen Gestade stellenweis von wahren Pechfelsen begrenzt werden. Hier hat sich die moderne Industrie ihrer schon bemächtigt und den brauchbaren Stoff mit

Sand gemischt zur Asphaltpflasterung und zu ähnlichen Zwecken verarbeitet. In anderer Art erregten brennende Erdölmassen die Aufmerksamkeit der Anwohner; sie wurden Gegenstände nicht bloß der Bewunderung, sondern auch der Verehrung, wie die heiligen Feuer von Baku, deren Ruf durch das weite Morgenland hallt, und deren Name noch jetzt bei den Feueranbetern Irans und Indiens nur mit Ehrfurcht genannt wird. — Aber auch in Kalk- und Sandsteinen in der Nähe von Kohlenlagern trifft man Bitumen, ja manche Gesteinsschichten sind in beträchtlicher Ausdehnung davon durchdrungen. Diese Nähe und die Aehnlichkeit des Erdöls mit mehreren vegetabilischen Harzen hat zu der Annahme geführt, daß die Pflanzen der Vorwelt, und vielleicht auch thierische Organismen, an seinem Ursprunge Theil hätten, und daß man alle bituminösen Substanzen als Zersetzungsprodukte, oder geradezu als Ausscheidungen organischer Körper zu betrachten habe. Zwar lassen manche Vorkommnisse des Erdöls Einwürfe gegen diese Annahme zu, und scheinen wenigstens die ausschließliche Richtigkeit derselben zu bestreiten; allein vorherrschend ist gewiß der Ursprung des Bitumens auf Rechnung der Organisation zu schieben. Indeß mag nicht alle Materie, welche wir bituminös nennen, von gleicher Beschaffenheit sein; manche bituminöse Straten scheinen mehr von thierischen als von pflanzlichen Körpern ihren Inhalt bekommen zu haben, und nur in den Kohlenschichten dürfte der pflanzliche Ursprung der wahrscheinlichere sein. Für die Braunkohle ist dies wohl ohne Frage anzunehmen, und die Entstehung des Bitumens also durch eine Umwandlung von unorganisirten Pflanzenstoffen zu erklären, welche während ihrer Bildung die organisirten vegetabilischen Membranen durchdrangen und in bituminöses Holz verwandelten. Je nach dem Grade dieser Umwandlung und der Verschiedenheit in den Pflanzentheilen, ergab der Proceß ein abweichendes Resultat; er bewirkte theils ein gänzliches Verschwinden der Holztextur in der erdigen Braunkohle, theils ein Sichtbarbleiben im bituminösen Holze. Beide scheinen von Stämmen und Zweigen der Bäume herzurühren, während die Papierkohle entschieden aus großen Massen von Blättern entstand. Indem die sich bildenden Schichten mehr oder weniger durch sie belastende Stoffe gedrückt wurden, erhielten sie einen verschiedenen Grad von Festigkeit; manche blieben weich und erdig, andere wurden cohärenter, thonmassenartig, und führen darnach den Namen Knorpelkohle. Das Sichtbarbleiben der Holztextur, nicht bloß in einzelnen Stücken, sondern in ganzen Stämmen, der Abdruck des Blattnetzes, die Anwesenheit von Früchten und Samen an einzelnen Stellen, zeugt übrigens ganz entschieden für den Ursprung der Braunkohlen aus dem Pflanzenreich, und macht sogar noch die Familienverwandtschaft dieser vorweltlichen Gewächse deutlich. Sie scheinen den Waldbäumen der wärmeren subtropischen Zonen eben so sehr zu entsprechen, wie die damaligen thierischen Organismen den heutigen Bewohnern derselben Gegenden analog sind. —

Braunkohlen sind übrigens keine alleinige Eigenthümlichkeit der untersten tertiären Schichten, sondern sie finden sich durch die ganze Tertiärformation bis zu den obersten Straten hin, fehlen aber an vielen Stellen völlig. Sie sammelten sich besonders in muldenartigen Vertiefungen am Rande der Niederungen des nördlichen Deutschlands, und scheinen hier an sehr vielen Orten in der Tiefe vorhanden zu sein, wo sie bis jetzt noch nicht beobachtet wurden. Dafür spricht die Verbreitung eines fossilen Harzes, welches unter dem Namen Bernstein (das Elektron der Alten) allgemein bekannt ist, und wahrscheinlich von ähnlichen Bäumen herrührt, als die sind, deren Stämme in Braunkohlenschichten sich begraben finden. Daß der Bernstein dem Pflanzenreich angehöre, vermutheten schon die Alten, auch zeigt seine harzige Natur und die Anwesenheit von Insekten oder anderen fremden Körpern sehr deutlich für eine vormals flüssige Beschaffenheit. Im Moment seines Hervorquellens war dies Harz dünn, flüssig und klebrig, wie alle heutigen frischen Harze, und hielt Gegenstände fest, die zufällig in die Harzklumpen geriethen. Lebende Geschöpfe, wie kleine Insekten, bemüheten sich vergeblich, von ihrem zähen Boden sich wieder abzulösen, und drangen dabei nur tiefer in die Masse hinein, bis ein nachfolgender Strom sie ganz umhüllte und auf immer begrub. So erhärtete das Harz, brach später los, fiel zu Boden und wurde von den Wogen mit fortgeführt, als mächtige Revolutionskatastrophen Wassermassen über die Wälder ergossen, und Thon- oder Sandflötze sie bedeckten. Dadurch wurden die leichteren Bernsteinmassen von ihren ursprünglichen Lagerungsstätten entfernt und in Schichten eingebettet, wo sie bloß als Geschiebe vorkommen können. Ihre rundlichen Knollenformen und ihre abgeriebene Oberfläche zeugen bestimmt für den angegebenen Hergang. Sie finden sich übrigens nicht bloß als Auswürflinge der Ostsee an den Küsten von Mecklenburg, Pommern und Preußen, sondern auch im Schuttlande dieser Gegenden, selbst im Holze mancher Braunkohlenlager; aber noch häufiger trifft man zwischen den Braunkohlen ein anderes fossiles Harz, den Retinit. Dasselbe gleicht zwar dem Bernstein, allein es ist nie so klar, stets nur wachsgelb von Farbe, leichter zerbrechlich, blasig oder porös, enthält keine Insekten und brennt nicht am Lichte mit heller Flamme, sondern verglimmt unter starker Rauchentwickelung. Für seine Abstammung von den Braunkohlenbäumen spricht sein Fundort vollkommen so deutlich, wie für den Bernstein die Aehnlichkeit desselben mit dem Kopal und das Vorkommen von Insekten in diesem wie in manchen anderen Harzen; beide zeigen so entschieden einen vegetabilischen Ursprung, daß ihn gegenwärtig wohl Niemand mehr bezweifeln kann. —

Im Vorhergehenden haben wir eine möglichst allgemeine Darstellung der Braunkohlenformation und ihrer wichtigsten Begleiter gegeben, wir wollen jetzt noch einen Blick auf ihre räumliche Verbreitung werfen und dabei durch nähere Betrachtung einer einzelnen Kohlenmulde die Gesammt-

schilderung weiter zu erläutern suchen. Das Letztere scheint um so nöthiger zu sein, als kaum eine andere Formation im gleichen Grade örtliche Verschiedenheiten darbietet. An wenigen Stellen von Deutschland findet sie sich häufiger, als in Sachsen, und namentlich in den unmittelbaren Umgebungen von Halle am allgemeinsten. Nicht bloß ein Theil der Stadt



steht über Braunkohlen, auch die ganze städtische Feldmark ist reichlich mit Kohlenflötzen gesegnet, und weit umher erstrecken sich getrennte Kohlenmulden, zumal westlich bis an den Fuß des Harzes, oder südlich im Saalthale aufwärts gegen Weißenfels bis hinüber in das Thal der Elster nach Zeitz. Ein anderes kleineres Braunkohlenrevier findet sich westlich von Altenburg und ein drittes nordöstlich daneben bei Borna. Gleichzeitig mit diesen Braunkohlenlagern sind die böhmischen Mulden am Fuße des Erzgebirges von Eger bis Teplitz entstanden; ferner die märkischen bei Frankfurt und Freienwalde, die hessischen in der Nähe von Kassel und die rheinischen bei Bonn. Auf dem beigegebenen Bilde blicken wir in die Kohlengrube bei Nietleben hinein, und sehen das westliche Ende derselben mit dem Ausgehenden der Flötze vor uns. Links liegt im Vordergrunde, als sogenannter Abraum, der weiße Kohlensand, welcher beim Beginn des Abbaues am südlichen Rande der Grube abgetragen werden mußte, ehe die Kohlen selbst zu Tage gefördert werden konnten; aber den ganzen Schichtenverband des Kohlenbeckens zeigt die gegen-

überliegende nördliche Wand. Da sieht man zu oberst eine dünne, noch nicht 2 Fuß mächtige Schicht schwarzer Dammerde (a) und darunter eine eben so starke, ihr parallele Schicht von Diluviallehm (b). Unter demselben folgt der Braunkohlensand (c), eine feine lockere Sandschicht, welche von den Rändern der Mulde aus gegen deren Mitte hin einfällt, also hier ihre größte Mächtigkeit hat. In der Nähe des genommenen Standpunktes beträgt die Mächtigkeit des Sandes etwa 12 Fuß. Seine Farbe ist in der Hauptsache rein weiß, nur nach oben wird sie gelblicher; doch ziehen sich durch die ganze Sandschicht parallele, oder vielmehr concentrisch gesenkte gelbbraune eisenschüssige Streifen, welche meistens ein etwas festeres Gefüge besitzen. Unter dem weißen Sande liegt eine 11 Fuß starke und überall ziemlich gleichmäßig mächtige Schicht dunkleren grauen Sandes (d), worin fein zerstreute Spuren von Kohle auftreten, und ihr folgt eine andere schwarzgraue, nur 9 Fuß mächtige Mergelschicht (e), welche eine größere Consistenz zeigt, kein Wasser mehr durchläßt und deshalb am Rande des Abbaues beständig von Wasser trieft, das über ihr auf der unteren Grenze des Sandes hervorquillt. Erst unter dieser dritten Schicht folgt die allermeist erdig-knorpelige, von vielfachen Rissen in unregelmäßig eckige Schollen und Stücke zerklüftete Braunkohle (f), welche hier noch nicht durchsunken wurde, also auch den Boden der Grube bildet. Sie ist nichtsdestoweniger über 14 Fuß mächtig, regelmäßig geschichtet, mit deutlichem Einfallen gegen die Mitte der Mulde; aber die Schichtungsebenen sind vielfach zertrümmert, und stellenweis mit gut erhaltenen, über 1 Fuß dicken und 6 — 8 Fuß langen bituminösen Holzstämmen untermischt, deren Neigung stets die der Schichten ist, und deren Längsrichtung gewöhnlich dem südlichen Einfall gegen die Mitte der Mulde hin folgt, seltener rechtwinkelig dagegen läuft, also von West nach Ost streicht. Mehrere solcher Stammenden ragen frei aus der erdigen Kohle auf dem Bilde hervor. Das Liegende der Kohle kennt man in dieser Grube noch nicht mit Sicherheit, indeß scheint abwärts auf die Kohlen eine dünne Schicht weißen plastischen Thones zu folgen, welche vielleicht dem älteren Gebirge, hier wahrscheinlich dem bunten Sandstein, aufliegt. Nach Andeutung von Bohrversuchen am äußersten westlichen Rande der Mulde mag übrigens unter dem plastischen Thon ein zweites Braunkohlenflötz sich befinden und dann erst das ältere Gebirge ihm abwärts folgen. Dafür spricht das ähnliche Verhalten der Braunkohlenmulden östlich und südlich von Halle, deren Hangendes schon ein weißer plastischer Thon zu sein pflegt; woraus sich der hier oft ungeheure Wasserzufluß erklärt, den die Bergwerksarbeiten an den tieferen Stellen des Terrains zu überwältigen haben, ehe sie auf die Kohlen selbst gelangen. Indeß ist ein Schluß auf die Uebereinstimmung benachbarter Mulden, wie schon das erwähnte Beispiel durch die Differenz im Hangenden deutlich zeigt, nicht sehr zuverlässig; schon bei sehr geringen Abständen pflegen wichtige Unterschiede, besonders in der Beschaffenheit der Kohle

selbst, sich einzufinden und noch viel größere bei weiteren Entfernungen. Das alles kann uns nicht auffallen, wenn wir an den lokalen Ursprung der Braunkohlen denken, und die großen örtlichen Verschiedenheiten berücksichtigen, welche die Braunkohlen vor ihrer Ablagerung nothwendig haben mußten. Denn es steht fest, daß sie ohne Ausnahme von zusammengeschwemmten Vegetabilien herrühren, zu deren Ablagerungsort eine natürliche ältere Vertiefung im Boden diente, welche die Wasser überflutheten und langsam mit ihren Absätzen ausfüllten, dem Verkohlungsproceß der vegetabilischen Stoffe eine geeignete ruhige Bildungsstätte bereitend. In der Regel, wenn nicht immer, waren es mächtige Süßwasserströme, große Flußgebiete, deren Fluthen die entwurzelten Bäume herbeiführten, und von Jahr zu Jahr an derselben Stelle in dem heutigen Kohlenbecken absetzten. Je nach der Schnelligkeit, womit die Verkohlung hier fortschritt, war die Wirkung eine andere; und daher rührt offenbar das verschiedene Ansehn der Kohle jedes einzelnen Kohlengebietes. Aber nur wenige Bäume veränderten sich so schnell, daß die Holztextur erhalten blieb und der ganze Stamm seine frühern Umrisse bewahrte. Für den Absatz der Schichten aus süßen Gewässern spricht endlich theils der Umstand, daß die kenntlichen Hölzer großen Waldbäumen, besonders Coniferen, obgleich nicht eigentlichen Fichten, angehört haben, und daß, wenn sich thierische Reste, z. B. Muschelschaalen, in den begleitenden Sand- und Mergelschichten finden, dieselben von Süßwassergeschöpfen herrühren. Im Ganzen aber sind Thierreste in den Braunkohlenschichten eine Seltenheit. Nur sehr sparsam hat man hie und da Gebeine von größeren Landsäugethieren wahrgenommen. Bei Halle fehlen solche Fälle noch gänzlich. —

Eine andere mächtige Gruppe der unteren Tertiärgebilde ist die Grobkalkformation. Sie folgt gewöhnlich den Braunkohlen zunächst, aber wenn sie auf Braunkohlen liegt, nicht unmittelbar, sondern durch dazwischen gelagerte Sandschichten von ihnen getrennt. Ihre Hauptmasse ist der Grobkalk, ein kohlensaurer Kalk von grauer, bräunlicher oder gelber Farbe; aber sein Gefüge ist höchst verschieden: bald zähe und fest, bald locker und fast erdig. Bedeutende Quantitäten von Sandkörnern, die er stellenweis umschließt, geben ihm ein rauhes Ansehn, und wurden Veranlassung zu seinem Namen; mitunter sind es grünliche Chloritkörner, die er enthält, und durch die er ein dunkleres geflecktes Ansehn bekommt.

Noch mehr als der Portlandstein für London bedeutet, ist der Grobkalk den Parisern, das allgemeinste und fast einzige Baumaterial. Seit Jahrhunderten zu allen Bauwerken von Frankreichs stolzer Hauptstadt verwendet, hat bald die Ausbreitung einer zunehmenden Bevölkerung nicht mehr den bloßen Abbruch an der Oberfläche im sogenannten Tagebau verstattet, sondern zu unterirdischen Bruchstätten genöthigt, deren ungeheurer Umfang über den achten Theil einer Quadratmeile betragen soll. Namentlich die Höhen um Paris, auf denen die neuen Forts der Be-

festigungswerke zum Theil ruhen, sind von solchen Bauen unterminirt, und manche von ihnen kaum geeignet, dem Dröhnen und der Erschütterung einer starken Kanonade, die von ihren Gipfeln ausgehen soll, als sichere Fundamente zu dienen. Stürzten doch in früherer Zeit mehrmals die Decken solcher anfangs ohne alle Sorgfalt und Vorsicht angelegten Gewölbe zusammen, und brachten dadurch einen Theil der Stadt an der Südseite der Seine, unter dem die künstlichen Höhlen sich hinziehen, in große Gefahr. Man hat sich später veranlaßt gesehen, ganze Räume zu unterwölben oder auszufüllen, während andere zur Ablagerung der zahlreichen Gebeine gebraucht wurden, welche aus den seit sechs Jahrhunderten benutzten und um mehr als Menschenhöhe aufgehäuften Kirchhöfen bei einer allgemeinen Reinigung hervorkamen. Aber neue Unglücksfälle nöthigten auch von dieser so passenden Anwendung abzustehen, und statt der morschen menschlichen Gebeine festere Stützen unterzuführen, um den Einsturz ganzer Stadttheile zu verhindern. Dennoch zeigen sich von Zeit zu Zeit an manchen Orten drohende Zeichen; Niemand wagt es noch, in diese schaudererregenden, mit den Gebeinen von 25 Generationen zum Theil in regelmäßiger Anordnung gefüllten Räume hinabzusteigen, und zwischen unabsehbaren Schädelreihen einherzuwandeln, und dabei jeden Augenblick des Einsturzes einer Felsmasse von der Höhe gewärtig zu sein, die auch ihn den Abgeschiedenen zuführen würde. Und wer es wagen wollte, den hindert das polizeiliche Verbot, die unterirdischen Höhlen ferner zu betreten. Auch sind alle öffentlichen Eingänge, um jeden Schaden abzuwehren, vermauert worden; nur einzelne versteckte Pforten findet man noch in den Kellern benachbarter Häuser. Abgehalten von ihrer Benutzung, konnte ich, bei meiner Anwesenheit in der großen Hauptstadt, bloß durch bildliche Darstellungen mir einen Eindruck von diesen unterirdischen Schrecknissen verschaffen. —

Auf den Grobkalk des Pariser Beckens, der seinen Versteinerungen nach in einem Meerbusen gebildet zu sein scheint, wohin auch Süßwasserströme sich ergossen, folgen aufwärts verschiedene Mergel- und Sandlagen, in denen wieder Seegeschöpfe enthalten sind; wahrscheinlich weil sie bei einem späteren Steigen des Meeres, wodurch die süßen Wasser des Beckens zurückgedrängt wurden, entstanden. Die Katastrophe dauerte indeß nicht lange, das Meerwasser floß zum zweiten Male ab, und neue Süßwasserfluthen folgten ihm. Sie scheinen die letzten jüngsten Gebilde des genannten Beckens zurückgelassen zu haben. Wie diese Angaben zeigen, ist die ganze tertiäre Schichtenfolge bei Paris sehr mannigfach; sie besteht wenigstens aus f ü n f verschiedenen Gliedern, von denen drei aus süßen Gewässern herrühren, zwei Meeresschichten sind. Das unterste Glied enthält Braunkohlen mit Töpferthon, ist also ein Süßwassergebilde; darauf folgt als erstes Meeresprodukt chloritischer Kalk mit Grobkalk und einem ihn bedeckenden Meeressandstein; die dritte Abtheilung besteht aus Süßwassersedimenten, zu unterst aus einem kieseligen Kalkstein, auf dem der berühmte

Gyps des Montmartre mit den zahlreichen Säugethierknochen ruht, und zu oberst lagert sich darauf ein Süßwassermergel mit Palmstammresten. Dies dritte Glied wird noch zur unteren Tertiärformation gerechnet und den sogenannten Eocenbildungen beigesellt. Als viertes Glied folgt ein neues Meeresprodukt, das Aequivalent der mittleren oder miocenen Tertiärschichten; bestehend zu unterst aus Kieselkalkstein und Thonmergeln, auf denen Austernbänke sich erhalten haben. Ein glimmerreicher Sand, der nach oben in festere Sandsteine übergeht und Meerconchylien enthält, ist die Hauptschicht dieser zweiten Meeresformation. Ihn bedeckt als tiefste Lage des fünften Gliedes der Süßwasserquarz, ein fester harter kieseliger Sandstein mit Süßwasserschnecken und Muscheln in seinen oberen Straten; worauf die weit verbreiteten, abwärts an der Loire bis nach Angers sich hinziehenden Süßwasserkalkschichten die obere oder pliocene Tertiärformation des Pariser Beckens beschließen. Sie werden nur noch von Diluvial- und Alluvialprodukten überlagert. —

Die beschränkte Oertlichkeit solcher Bildungsphänomene zu verfolgen hat sich eine schöne Gelegenheit in dem Umstande dargeboten, daß auch Englands Hauptstadt auf Schichten ruhet, welche der Zeit nach ganz dieselben mit denen des Pariser Beckens zu sein scheinen, aber im Material gewöhnlich von den französischen abweichen. Beide Gegenden enthalten die hauptsächlichsten Repräsentanten der tertiären Formation. Auch in England sind Sand- und Thonlager zum Theil mit Schieferbildung die tiefsten Straten; sie entsprechen dem Braunkohlensand und dem plastischen Thon des Pariser Beckens. Aber statt des mächtigen Pariser Grobkalks findet sich in England eine Schicht blauen Thones, der nach der Hauptstadt genannt wird (London-clay), doch keineswegs von Schichten mit Landthierresten und Süßwasserbewohnern begleitet ist; hier fehlt also der an beiden reiche Pariser Süßwasserkalk und Gyps. Nur auf der Insel Wight finden sich analoge Gebilde. Eben daselbst erkennt man auch die zwei letzten Pariser Schichten, die untere meerische und die obere Süßwasserformation in ähnlicher Art wieder; hier wie dort aus Sandlagern und Mergeln bestehend, welche ihre charakteristischen Versteinerungen umschließen. Diese untergegangenen Geschöpfe sind übrigens auch in den obersten Straten durchaus verschieden von den heutigen Organismen derselben Gegenden, und erinnern durch ihren Bau weit mehr an südliche tropische Formen, als an jetzige Bewohner der Nordsee und ihrer Küstenländer. Nur einige Radiaten und Mollusken scheinen jener Periode mit der Gegenwart gemein zu sein.

Wegen einer größeren Analogie in den Geschöpfen dürfte man, als zweite Abtheilung der Tertiärformation, am zweckmäßigsten die beiden Schichtenglieder zusammenfassen, welche die miocenen und pliocenen Gebilde der französischen Schriftsteller enthalten, da eine scharfe Grenze zwischen ihnen nicht stattzufinden scheint. Denn an der einzigen Stelle,

wo beide in abweichender Lagerung vorkommen, an der Superga bei Turin, ist die beobachtete Neigung der Schichten gegen einander wohl nur lokaler Charakter. Ihre Bestandtheile sind vorzugsweise Sand und Sandconglomerate, ersterer stellenweise noch zu Sandsteinen erhärtet; demnächst Mergel und ein Süßwasserkalk, welcher an manchen Orten ziemlich mächtige, dem Grobkalk zunächst vergleichbare Lager bildet. Die Sandsteine erreichen in der Schweiz auf dem weiten Gebiete zwischen dem Genfersee und Bodensee, das ganz dieser Formationsepoche angehört, einen sehr bedeutenden Umfang und eine große Ausdehnung; sie führen hier den Namen Molasse, und haben dadurch zur Bezeichnung sämmtlicher mittleren Tertiärschichten als Molassengruppe Veranlassung gegeben. Die Molasse ist übrigens ein sehr mannigfaches Gebilde; nur stellenweis zeigt sie den Charakter eines feinkörnigen Sandsteines, ist in dieser Form gewöhnlich mit kleinen Glimmerblättchen gemischt, und findet dann als Baustein vielfache Anwendung. Gesellen sich Körner von Feldspath, Kalk und anderen Gesteinen hinzu, so wird das Gefüge rauher, gröber, lockerer und loser. Dann verliert das Gestein schon mehr seinen technischen Werth, und wenn nun mit zunehmender Größe der einzelnen Bestandtheile die Conglomeratnatur immer deutlicher hervortritt, so verschwindet die Bedeutung der in dieser Form allen Trümmergesteinen ähnlichen Molasse für die Benutzung ganz. Die feine dichte Molasse ist übrigens dazu sehr geeignet, weil sie im frischen Zustande, wo die vielen Erdwasser sie durchdringen, sehr leicht gebrochen und bearbeitet werden kann; hernach aber, der Lufteinwirkung ausgesetzt, fester wird und dann eine bedeutende Härte gewinnt. Sie ist daher zu Ornamenten ganz besonders geeignet, und liefert in der westlichen Schweiz ein sehr gutes Baumaterial für die größeren auf ihr ruhenden Städte: Genf, Lausanne, Solothurn, Bern, Luzern und Zürich. Denn fast das ganze Gebiet der Aar mit allen ihren Nebenflüssen bewegt sich im Boden der Molasse. Auf solche Weise vielfach von Thälern durchschnitten, zeigt sie häufig steile Wände, an denen, wenn es grobkörnige Molasse ist, die härteren abgeriebenen Bruchstücke älterer Gesteine der Witterung mehr widerstehen, als die sie verbindende kalkige Sandmasse, und gleich Kugeln und Knollen aus der Fläche hervorragen. In jäher Höhe erscheinen diese Knollen kleiner, gleich Nagelköpfen, welche dicht neben einander eingehauen die Felswand bedecken. Diese Erscheinung veranlaßte die Benennung Nagelflüh, welche grobkörnige Molassensandsteine führen, abgeleitet aus dem Provinzialworte der Schweizer Fluh oder Flüh für Fels, das sich in noch anderen Compositionen wissenschaftliche Bedeutung erworben hat[1]). Die in der Nagelflüh zu einem Ganzen verbundenen Bruchstücke sind, wie schon er=

1) Z. B. im Flühvogel (Accentor), einer bergigen Gegend eigenthümlichen Drosselgattung.

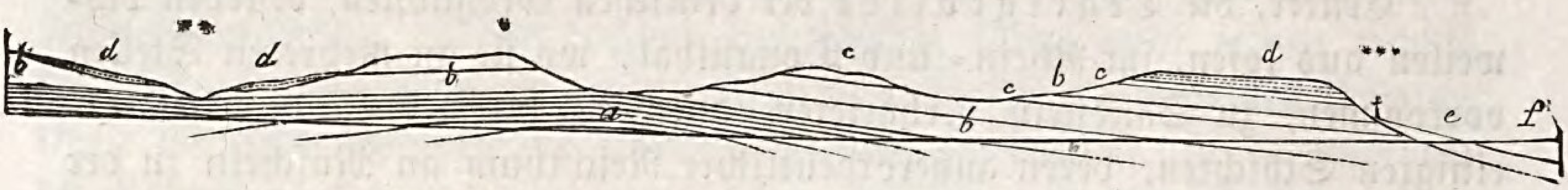
wähnt wurde, stets abgerieben, wahre Rollsteine oder Geröllmassen, und bestehen vorzüglich aus verschiedenfarbigen Kalken. Die Verkittung derselben zu einem Ganzen ist höchst innig, und das Bindemittel sehr fest; Nagelflüh läßt sich daher in Platten brechen und selbst zu polirten Tafeln verarbeiten. —

Zwischen Nagelflüh und Molasse, die beide an vielen Stellen mit einander wechseln, treten auch Braunkohlen auf, besonders in den Molassenschichten. Sie werden von organischen Resten begleitet, die dem Thierreich wie dem Pflanzenreich angehören, und den heutigen Geschöpfen zwar ähneln, aber doch stets spezifisch von ihnen verschieden sind.

Die eben geschilderte Molasse und Nagelflüh sind der Schweiz eigenthümlich und kommen an anderen Orten in derselben Weise nicht wieder vor. Ihr Verhalten zu den übrigen Gliedern der jüngeren Tertiärformation ist eben deshalb noch nicht genau ermittelt, doch scheinen sie den miocenen und untersten pliocenen Schichten analog zu sein.

Erstere, die Tegelgebilde der deutschen Geognosten, bestehen bisweilen aus losen, im Rhein- und Donauthal, wo sie an mehreren Stellen vorkommen, zu Sandstein verhärteten, durch ein kalkiges Bindemittel vereinigten Schichten, deren außerordentlicher Reichthum an Muscheln zu der Benennung Muschelsand oder Muschelsandstein Veranlassung gegeben hat. Die Schichten dieses Sandes sind theils aus dem Meere abgesetzt, theils aus süßen Gewässern, und haben selbst im Falle eines gleichartigen Ursprungs noch verschiedene gelbe oder blaue Farben. An anderen Orten gehen die Sandlager in Mergellager über, und ihnen folgen Kalkschichten, die ebenfalls theils Meeresprodukte sein können, theils aus süßen Gewässern (daher Süßwasserkalk) herrühren. Die in ihnen begrabenen organischen Reste haben noch immer einen vorwiegend tropischen Charakter, und alle lebenden Conchylien, deren Menge oft nicht unbeträchtlich ist, finden sich gegenwärtig nur an den Küsten Guineas oder Senegambiens. Von den immer häufiger werdenden Säugethieren erscheint keine Art lebend in der Gegenwart wieder, und manche Gattungen fehlen ihr ganz. Höchst wunderbare Formen, wie Dinotherium, zahlreiche Pachydermen, Mastodon, von welchen die jetzige Schöpfung kaum noch Analoga besitzt, sind in Tegelschichten entdeckt worden. Auch das angebliche Menschengebein Scheuchzer's, welches spätere Naturforscher für einen großen Salamander erkannten, aus dem Oeninger Süßwasserstinkkalk, gehört zu den Merkwürdigkeiten dieser Gruppe, scheint aber in lebenden Analogis sich erhalten zu haben. Die Ausbreitung der mittleren Tertiär- oder Tegelgebilde ist beträchtlich, sie erscheinen im nördlichen Frankreich, abgesehen von den gleichzeitigen Schichten des Pariser Beckens, als muschelreiche Mergel, sogenannte Faluns, im Loirethal bei Tours und Blois, an vielen einzelnen Punkten in den Thälern der Bretagne, und erstrecken sich über einen großen Theil der Auvergne wie des südlichen

Frankreichs. In Deutschland durchziehen sie das Donauthal vom Bodensee her bis nach Wien, und begleiten den Fuß der Karpathen. Nordwärts ist das Tegelgebilde nicht sehr verbreitet, es fehlt in England vielleicht ganz, wenn nicht einzelne Schichten der Insel Wight ihm zugehören; auch am Südrande der Alpen ward es nur zwischen dem Lago Maggiore und Lago d'Iseo und in geringer Erstreckung bei Turin beobachtet. Isolirt liegt im Rheinthal das Mainzer Becken, durch seinen Reichthum an Thierresten besonders ausgezeichnet, und daher einer nähern Betrachtung nicht unwerth. Es scheint unmittelbar auf Grauwacke oder buntem Sandstein zu ruhen und in der untersten Teufe aus Schichten zu bestehen, die dem Braunkohlengebirge analog sind. Letztere bedeckt eine Meeressand- und Geröllschicht mit zahlreichen Seeconchylien, Fischresten und wenig erkennbaren Spuren von Säugethieren. Darauf folgt die Grobkalkformation, deren unterste Schicht, ein blauer Thonmergel mit Seeconchylien, auf dem eingeschalteten Profil 2) mit a bezeichnet ist. Der eigentliche Grobkalk (b)



besteht aus mehreren Bänken, welche durch dünne zwischengelagerte sandige Schichten oder Mergel (c, c) getrennt werden. Ueber ihm liegt noch eine etwas mächtigere Mergelschicht, worin, übereinstimmend mit den früheren, Seeconchylien enthalten sind, und dann folgt das Schlußglied der mittleren Tertiärformation dieser Gegenden, ein knochenführender Sand und Kies (d) mit gröberen Geröllschichten, welcher die Reste der merkwürdigen Säugethiere jener Zeit, des Dinotherium, Mastodon longirostris, Aceratherium incisivum, Rhinoceros Schleiermacheri (s. megarhinus), Hippotherium u. a. m. umschließt. Diese oberste Schicht findet sich aber nur an wenigen allermeist hochgelegenen Stellen des Beckens, und pflegt noch von feineren weißen Sandbänken bedeckt zu sein, zwischen denen sandige Mergelschichten (Löß) sich ausscheiden. Auf ihnen liegt der Diluviallehm.

Die pliocenen Schichten werden als selbstständige Gruppe unter dem Namen der Subapenninen-Formation zusammengefaßt, weil sie den Fuß dieses Gebirges an beiden Abhängen begleiten. Es sind meistens Sandschichten, die mit Mergelschichten wechseln, jene von gelber, diese von bläulicher Farbe, und durch einen großen Reichthum von Seegeschöpfen

2) Es zeigt einen Durchschnitt durch die Mitte des Mainzer Beckens zwischen Eppelsheim und Oppenheim in der Richtung von SW nach NO. Eppelsheim ist ein Dorf südlich von Alzei, am Anfange des Seebach-Thales gelegen, und der Ort, wo die meisten Säugethierknochen gefunden werden; * bezeichnet den Klobberg, ** die Thalmulde bei Eppelsheim, *** die Lage von Oppenheim, e. die Sedimentschicht des Rheines, f. den Rheinspiegel.

sich auszeichnen. Zwischen ihnen treten auch Süßwasserschichten auf, besonders Süßwasserkalk, in denen Säugethierreste mit Haifischzähnen vereint vorkommen, und zwar unter Verhältnissen, die keinen Zweifel lassen, daß die ersteren sich auf ihren ursprünglichen (primitiven) Lagerstätten befinden. Also auch hier wechseln Süßwasserablagerungen mit Meeresschichten, wie es ein Zuströmen süßer Gewässer von dem bereits erhobenen Bergzuge der eigentlichen Apenninen nothwendig macht. Aus dem Schuttlande, das diese Wasser mit sich führten, und der Brandung von Meereswogen, die den Höhenzug umflutheten, entstand damals jene hügelige Kette am Fuß der Berge, welche die Subapenninen ausmachen. Zur Zeit ihrer Bildung hatte das Meer schon einen großen Theil seiner heutigen Bewohner, aber das Festland bloß analoge Formen; denn keine einzige Art der fossilen Säugethiere wird heutiges Tages lebend hier angetroffen, während etwa 40 von 100 Arten der Muscheln und Schnecken lebende sind, aber nur eine unter 100 der früheren Periode zugleich angehört. Demnach war zu jener Zeit die Beschaffenheit des damaligen Italiens dem heutigen entschieden verwandter und ähnlicher, als in der jüngst vorhergegangenen Epoche desselben. Die Subapenninenformation ist übrigens nicht auf Italien beschränkt, sondern findet sich zugleich in Sicilien, Nordafrika, Spanien und Südfrankreich am Fuße der Pyrenäen bis zur Mündung der Garonne. An diesen Stellen hat sie ihre größte Ausdehnung, tritt aber in kleineren Räumen, größtentheils aus mehr oder weniger sandigen Mergelschichten bestehend, am östlichen Rande von England als Crag in Norfolk und Suffolk auf, ferner an den Ufern der Rhone bei Lyon, des Rheins stellenweis von Basel bis Bonn (hier unter dem Namen Löß ein Gemisch von Lehm, Kalk, Sand und Glimmerblättchen bildend), am Bodensee, in verschiedenen Thälern Würtembergs (Steinheim), Südbaierns (bei Nördlingen), im Teplitzer Thale zwischen dem Erz- und Mittelgebirge bei Bilin und bei Eger, und isolirter an mehreren Orten des nördlichen Deutschlands als Geest. Ueberall scheinen die pliocenen Schichten des Binnenlandes Süßwasserprodukte zu sein, und theils von größeren Binnenseen, theils von Flüssen herzurühren. Ein großer Gehalt an kieseligen Bacillarienhüllen, die in mehr oder minderer Masse von Kalk eingebettet sind, scheint besonders die Absätze von Süßwasserseen zu verrathen. Als Polirschiefer haben solche Schichten eine technische Anwendung gefunden. Vorzüglich charakteristisch sind übrigens für diese Periode die Säugethierreste, welche in ihren Schichten angetroffen werden. Die Eigenthümlichkeiten derselben und ihre Beziehungen zu noch lebenden Arten später im Zusammenhange mit letzteren darstellend, bemerke ich hier nur, daß wir die Gebeine von Mastodonten, Nashörnern, Nilpferden, Hirschen, Pferden, Nagethieren, Bären, Hunden, Hyänen, Katzen und Affen besonders im Schuttlande der Thäler, zumal an größeren Flüssen abgelagert finden, indessen gewöhnlich noch eine spezifische Differenz

zwischen ihnen und den Arten der nächstfolgenden Periode bemerken. — Diese nächste Epoche ist aber keine andere, als die der Gegenwart vorangegangene. —

8. Diluvium.

Unmittelbar über den jüngsten Tertiärgebilden trifft man auf Schichten, welche einen noch lockern Zusammenhang haben, fast nur aus Lehm, Sand, Kies und Geröllen bestehen, in größerer Allgemeinheit und Aehnlichkeit über die Erdoberfläche, wenigstens über die meisten Gegenden von Europa, sich verbreiten und gewöhnlich unter Verhältnissen angetroffen werden, aus denen man eine sehr gewaltsame, lange Zeit andauernde Wasserbedeckung früher bereits trocken gelegter Gegenden folgern zu dürfen glaubte. Ist diese Annahme richtig, so läßt sich die so vielen Völkern (Indiern, Juden, Griechen) gemeinsame Mythe einer Sündfluth durch sie einigermaßen rechtfertigen; weshalb man die Sedimente aus dem Zeitraum vor der Gegenwart Diluvialgebilde oder Diluvium genannt, und daraus für die älteren und jüngeren Straten ähnliche Namen hergeleitet hat; jene als antediluvianische, diese als postdiluvianische von ihnen und von einander unterscheidend. Die letzte große Umwälzung ist jedoch, allem Anschein nach, früher eingetreten, als das Menschengeschlecht den Erdboden betrat, weil wir noch immer nicht mit Gewißheit seine Gebeine zwischen den fossilen Thierknochen haben auffinden können; also eine Vergleichung derselben mit der Sündfluth schon deshalb unstatthaft. —

Viele Verhältnisse machten es den früheren Beobachtern wahrscheinlich, daß die bezeichnete Katastrophe zugleich sehr plötzlich und gewaltsam über die Erdoberfläche hereinbrach; eines Theils, weil sie sich über so weite Flächen ausdehnt, und nicht bloß in der ganzen nördlichen Halbkugel, sondern auch an vielen Stellen der südlichen, wie namentlich in Amerika und Neu-Holland, ihre Spuren hinterlassen hat; anderen Theils, weil wir in ihren verschiedenen Produkten noch ganze Thiergerippe im Zusammenhange auffinden, ja selbst die wohlerhaltenen Fleischtheile in den Eismassen des nördlichen Sibiriens entdeckt haben. Sowohl diese Art ihres Vorkommens, als auch die zahlreichen großen Geschiebe, welche in Begleitung von Elephantenknochen über die Ebenen des nördlichen Europas wie Asiens vertheilt sind (vergl. S. 49), haben viele Naturforscher zu Annahme eines plötzlichen Sinkens der Temperatur bis unter den Gefrierpunkt veranlaßt. Nach ihrer Vorstellung bedeckte damals eine von den höheren Gebirgen im Norden und Süden herabkommende große Eiskruste den ganzen nördlichen Theil der Erdkugel und wirkte, einem Gletscher vergleichbar, auf die sie überragenden Felsmassen und auf den Boden unter ihr. Zahlreiche Bruchstücke jener Felsen verbreiteten sich über diese Eisfelder und bildeten auf

ihnen Morainen, wie auf heutigen Gletschern. Nach langer Pause hörte ein solcher eisiger Zustand unserer Gegenden auf, eine mildere Temperatur stellte sich wieder ein, schmolz das Eis, und nöthigte es, seine Begleiter, seien es Felsblöcke, seien es Thiergebeine, da fallen zu lassen, wo sie nun eben auf oder unter ihm lagen. Allein während des Abschmelzens schritt zugleich die Eismasse nach Art der Gletscher von den Höhen thalwärts vor; die Verkleinerung derselben erfolgte daher nur langsam, wie deutliche Spuren alter Endmorainen auf den benachbarten Höhen des Jura beweisen, und noch jetzt den allmäligen Rückzug des ungeheuren Schweizergletschers in seine heutigen beschränkten Räume anzeigen. Dieser Ansicht zu Folge sind die Eisberge der Polarzone ebenfalls Reste einer vormaligen allgemeinen Eisdecke, die von den Schweizerhöhen, den Karpathen und dem Altai bis zum Nordpol, gleich wie von Frankreich bis nach Kamtschatka reichte, und über diesen ungeheuren Flächenraum die Bruchstücke jener vereinzelten Bergzüge verbreitete, welche über ihre Oberfläche hervorragten.

Mit großem Geschick hat Agassiz[3]), der neueste Verfechter dieser phantasiereichen Ansicht, alle besonderen Beziehungen, auf denen sie ruht, benutzt und dadurch ihr mehr und mehr Eingang verschafft. Indeß gelang es ihm nicht, die Ursachen einer so merkwürdigen Katastrophe genügend aufzuklären; ein Umstand, der gegen seine Ansichten manchen gewichtigen Stimmen einen weiten Spielraum übrig ließ. Mit mehr Erfolg haben dies später andere Gelehrte von einem veränderten Standpunkte aus versucht, und indem sie die Nothwendigkeit des Ereignisses mit mathematischer Schärfe darzulegen strebten, auch für die Wirklichkeit desselben am nachdrücklichsten das Wort geführt. Wir werden nähere Aufschlüsse hierüber im 16. Kapitel, das von den Schöpfungsperioden handelt, erhalten, und begnügen uns einstweilen mit den hier angegebenen Thatsachen. Nur so viel wollen wir noch bemerken, daß aus dem Eintreten einer Eiszeit am Ende der letzten Revolution vor der Gegenwart noch nicht eine allgemeine Temperaturabnahme des Erdkörpers bis unter den Gefrierpunkt des Wassers abgeleitet werden könne, vielmehr die Ursachen der Erscheinung aus ganz anderen Verhältnissen sich folgern lassen. Demnach dürfen wir die allgemeine Abkühlung unseres Planeten nicht bis zu einem so hohen Grade der Kälte steigern, und für die spätere Zeit eine erneute Temperaturzunahme annehmen; wir müssen vielmehr wiederholt darauf aufmerksam machen, daß die Erde in dem ganzen Zeitraum von der Entstehung der ersten Organismen bis zur Bildung des Eises in der nördlichen Halbkugel eine entschieden höhere Temperatur behielt, als sie gegenwärtig in unseren Breiten besitzt und sicher auch damals noch spezifisch wärmer war. Darüber lassen die Reste untergegangener Geschöpfe jener Zeit keinen Zweifel. Auch ist es ein Irrthum, wenn man, wie bisher, meinte, die eingefrornen Leiber großer

---

3) Man vergleiche sein früher (S. 45) erwähntes Werk über die Gletscher.

Landthiere, der Elephanten und Nashörner, steckten im eigentlichen Polareise am nördlichen Küstenrande Sibiriens; sie stecken vielmehr im gefrornen Boden des Landes selbst (vergl. S. 107 Note 2) und stehen darin senkrecht, so wohl erhalten, daß man sie nur für einzelne, zufällig während des Lebens versunkene Individuen ansehen kann, welche sich in Gegenden verloren, deren Boden damals noch nicht gefroren, aber so weich und schlammig war, daß er die schwere Last eines Elephanten nicht trug, letzterer im Gegentheil tief genug hineinsinken konnte, um wahrhaft darin begraben zu werden. Erst später, als die gefrorne Erdschicht in der Tiefe mit der Vermehrung des Bodens durch neue Wasserabsätze gleichmäßig sich erhob, gelangte der Cadaver ins Eis und wurde durch dasselbe gleichsam für unsere Beobachtungen einbalsamirt. Wir glauben daher auch nicht, daß jemals andere Phänomene als die Durchbrüche emporsteigender plutonischer oder vulkanischer Stoffe die Katastrophen der Erdbildung innerhalb jenes Zeitraumes bewirkten, und das Aushauchen von Wärme, welches sie nothwendig begleiten mußte, die erhöhte Temperatur während desselben eben so sehr, wie die geringere Wärme des ganzen Erdkörpers nach dieser Zeit, wo keine großartigen Durchbrüche mehr stattfanden, herbeigeführt habe. Stellenweis mag ein mächtiger vulkanischer Herd in der Tiefe diese gleichmäßige Abnahme der Wärme verzögert haben, welches merkwürdige Faktum von Island durch historische Thatsachen bewiesen zu sein scheint; aber früher oder später wird auch ein solcher Herd sich erschöpfen, und dann zwar eine relativ schneller gesunkene Temperatur, im Ganzen aber nur ein den allgemeinen Oberflächenverhältnissen ihrer Lage entsprechendes Klima für solche Gegenden herbeiführen. Island ist heutiges Tages nicht wärmer als die unter gleichen Breitegraden gelegenen Theile Lapplands; aber es hatte noch vor wenigen Jahrhunderten ein Klima, welches den gemäßigten Himmelsstrichen Skandinaviens entsprach. Damals von vielfachen vulkanischen Ausbrüchen in oft kurzen Zwischenräumen beunruhigt, hat es in späteren Zeiten immer mehr und mehr diesen unruhigen Charakter zugleich mit seinem wirthlicheren Klima verloren. Ackerbau, einst blühend, verschwand von der Insel, und das vormals thatkräftige, an Kühnheit keinem germanischen Volke nachstehende Geschlecht hat wie an der Zahl, so auch an innerem Leben und Energie, und mit beiden seinen alten Glanz verloren [4]).

4) Nach mündlicher Versicherung eines sorgfältigen Beobachters, der längere Zeit auf Island lebte, gründet sich die obige, von vielen Schriftstellern (z. B. Bronn, Geschichte der Natur. I. S. 431) ausgesprochene Ansicht auf eine ungenügende Kenntniß der alten Urkunden der Isländer. Mein Gewährsmann, Prof. Steenstrup in Kopenhagen, behauptete gegen mich, daß die Mitteltemperatur Islands seit der historischen Zeit nicht abgenommen habe, sondern der höhere Aufschwung der Bevölkerung Islands im Mittelalter lediglich ihrer damals mehr energischen Persönlichkeit zugeschrieben werden müsse. Blühender Ackerbau sei nie dauernd auf Island getrieben

9. Alluvium.

Werfen wir nun am Schluß dieser Betrachtung einen Blick auf die postdiluvianischen oder gegenwärtigen Bildungen, das Alluvium anderer Geognosten, so erscheinen dieselben noch deutlicher als lose Sand- und Schuttlagen, mit welchen mehr oder minder mächtige Lehm- und Mergelschichten abwechseln. Auch sie umschließen fossile Gebeine, aber Arten der Gegenwart zugleich mit präadamitischen, aus älteren Schichten losgespülten; und hier ist es auch, wo man Menschenknochen zwischen ihnen in Begleitung von mancherlei Kunstprodukten angetroffen hat. Einige dieser Schichten, namentlich die Tuffe und meerischen Kalk- oder Sandsteine, von denen bereits früher (S. 34, 36) die Rede war, erreichen eine ziemliche Festigkeit und sind selbst als Bausteine brauchbar; aber im Allgemeinen ist ein lockeres Gefüge, ein loser Zusammenhang und eine erdige Beschaffenheit Hauptcharakter für die gegenwärtigen Bildungen. Als Produkte der Verwitterungen und mechanischen Thätigkeiten verschiedener Gewässer sind sie fast alle Trümmergesteine im weitesten Sinne, und unterscheiden sich darin nur graduell von früheren Straten. Hingegen lassen sich zwei Produkte der Gegenwart mehr für Eigenthümlichkeit derselben erklären, da sie, wenigstens in ihrer heutigen Gestalt, älteren Formationen fehlen, doch schwerlich zu einer Zeit, als letztere die Oberfläche des Festlandes ausmachten, gefehlt haben dürften; diese Schichten sind die Dammerde und der Torf; fügen wir daher von ihnen noch einige Bemerkungen hinzu. —

Unter den Gebilden der Gegenwart das allgemeinste und jüngste, verdankt die Dammerde ihre weite Verbreitung wohl nur dem Uebergreifen organischer Wesen in der gegenwärtigen Periode; und wie sie den eigentlichen Herd ihres Daseins ausmacht, so ist sie auf der andern Seite auch wieder Produkt der absterbenden Geschöpfe. Sie besteht vorzugsweise aus Thon und Kalk mit Sandkörnern, Bacillarienhüllen und allerlei Verwitterungsprodukten, welchen die Residua thierischer und pflanzlicher Organismen beigemischt sind, nachdem sie dem Entmischungsproceß der organischen Materie unterlagen und dadurch in elementare oder zusammengesetzte anorganische Stoffe sich aufgelöst haben. Dieses Gemisch von organischen und anorganischen Materien ist der eigentliche Boden der Pflanzen, welche aus ihm und seinen Bestandtheilen mit dem Wasser die ernährenden Stoffe in sich aufnehmen. Als Hauptprodukt solcher Zersetzungen und Auflösungen vorhergegangener Verbindungen wird der

---

worden. Den vulkanischen Eruptionen schrieb er dagegen einen entschieden nachtheiligen Einfluß auf die Bevölkerung der Insel zu, und leitete die Hauptabnahme derselben von den großen vulkanischen Katastrophen im 14. Jahrhundert her, seit welcher Zeit der Verfall Islands sich hauptsächlich datire. —

Humus angesehen, ein eigenthümlicher Stoff, dessen Einwirkung auf die Vegetation als Hebel ihrer Thätigkeit sehr groß zu sein scheint. Stellenweise, besonders in feuchten Niederungen, wo die Zersetzungsprodukte sich ansammeln und eine üppigere Vegetation bedingen, nimmt der Humus einen sehr ausgedehnten Charakter an, und geht als wichtiger Bestandtheil in das andere merkwürdige Produkt der Gegenwart, den Torf[5]), über. Jedermann kennt denselben und seine allgemeine Benutzung zum Brennmaterial in den Moorländern Norddeutschlands, Hollands, wie aller Küstengegenden der Ost- und Nordsee, als eine braune, im getrockneten Zustande krümelige, reich mit vegetabilischen Resten gemischte Erde, welche vorzüglich aus größtentheils zersetzter Pflanzensubstanz besteht und je nach den Orten, wo sie entstanden ist, von verschiedenen Pflanzenarten gebildet wird. Hiernach unterscheidet man Waldtorf, welcher seine Entstehung den vermoderten Wurzeln und Stämmen ganzer Waldbäume verdankt und an seinen besonderen Fundstätten aus Espen, Kiefern, Eichen und Buchen hervorgegangen sein kann; Wiesentorf, vorzugsweise aus Riedgräsern und Binsen seinen Ursprung nehmend; Haidetorf, das Gebilde der westlichen Hochmoore in Ostfriesland und Holland, aus den dort über unabsehbare Flächen verbreiteten Haidekräutern (Erica tetralix und Calluna vulgaris) entstanden; und endlich die gemeinste Form von allen, den Moostorf, welcher fast ausschließlich durch mächtige Rasen des bekannten Torfmooses (Sphagnum) gebildet wird. Ueberall geben diese Pflanzen, oder ihre durch Vermoderung entstandenen, amorphen erdigen Reste, die Hauptmasse, zwischen welcher andere mehr oder weniger erhaltene Theile von Schilfarten, Stengeln, Wurzeln, Blätter, selbst Samen gewisser Sumpfgewächse in Menge sich verbreiten, zum Theil mit Thiergehäusen untermischt, deren Bewohner hier ein frühzeitiges Grab fanden. Denn die Produktion des Torfes schreitet unaufhaltsam fort, und ergänzt den Verlust, welchen der Mensch beim Abbauen bewirkt, durch sich neu bildende Torfmoosschichten. In 30 Jahren sah man abgestochene Torfmoore bis auf 6 Fuß Dicke wieder anwachsen und zu ihrer alten Mächtigkeit, wenn gleich mit veränderter Form und Beschaffenheit ihrer Bestandtheile[6]), sich erheben. —

Auf solche Weise durch Organismen erzeugt, geben Dammerde und Torf von organischem Leben Zeugniß, wo sie auftreten; und da wir in früheren Perioden Kohlenlager kennen gelernt haben, die durch manche Verhältnisse auf einen torfartigen Zustand hindeuten, so dürfen wir aus ihnen

---

5) Eine sehr lehrreiche Schilderung der Torfbildung hat A. Grisebach in den: Göttinger Studien von 1845 gegeben.

6) Grisebach's Untersuchungen scheinen darzuthun, daß die Ausfüllungen der abgestochenen Torfgruben nur durch das Torfmoos gebildet werden, und erst wenn dieses die Höhe der alten Torfmasse erreicht hat, andere Moorpflanzen auf ihm sich ansiedeln.

auf ähnliche Hergänge, auf eine schon gemischte, zum Theil organische Decke der damaligen Erdoberfläche schließen [7]). Zugleich kann die Mächtigkeit solcher Lager zur Bestimmung der Zeiträume, während welcher sie sich bildeten, mit Erfolg benutzt werden. —

15.

Reihenfolge der Gebirgserhebungen.

Indem wir unserm Zweck gemäß die neptunischen Schichten der Erdrinde von den metamorphischen Gesteinen aufwärts bis zu den jüngsten Gebilden der Gegenwart kennen gelernt haben, kehren wir zu dem im 10. Abschnitt (S. 154 ff.) seiner theoretischen Seite nach bereits dargelegten relativen Alter der Gebirgserhebungen zurück, und versuchen es, ein anschaulicheres Bild von den wirklichen Zeitpunkten, in welchen diese Erhebungen erfolgten, uns zu verschaffen. Wir haben damals schon erfahren, daß das Alter eines Gebirgszuges nur nach den neptunischen Schichten, die in ihm gehoben und verworfen erscheinen, bestimmt werden könne, und uns durch eine augenfällige Betrachtung überzeugt, daß ein Gebirgszug um so älter ist, je weniger neptunische Schichten er hebt, und je mehr horizontale Schichten ihn umgeben. —

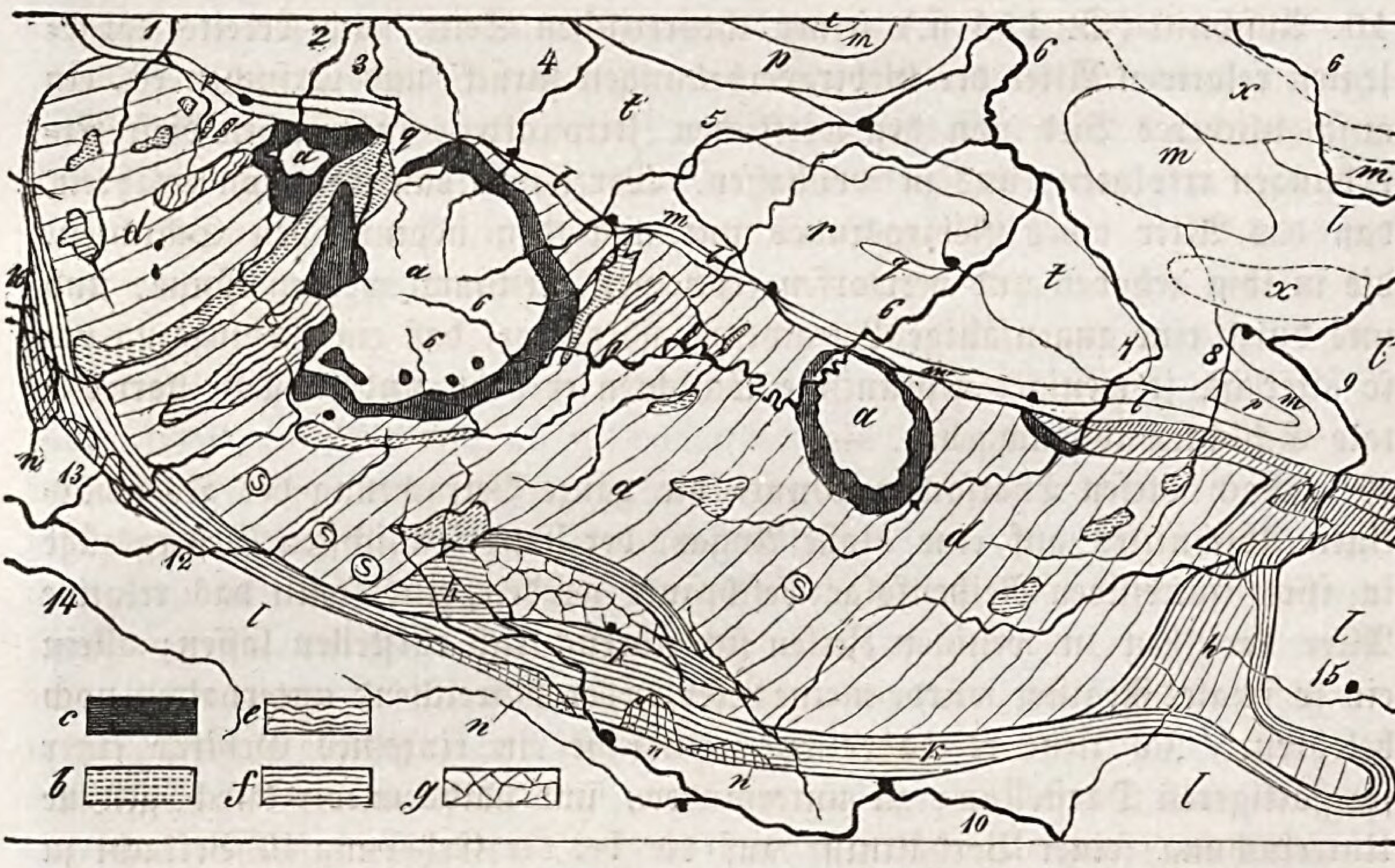
Nach diesen Thatsachen könnte die ganze Betrachtung des gegenwärtigen Abschnittes auf eine bloße Angabe der hauptsächlichsten Gebirgszüge in ihrer successiven Reihenfolge beschränkt werden, und somit das relative Alter derselben in wenigen Zeilen sich übersichtlich darstellen lassen; allein ein so schales Register würde meine Leser weder hinreichend unterhalten noch belehren. Ich ziehe es daher vor, zunächst ein einzelnes Gebirge einer sorgfältigeren Darstellung zu unterwerfen, und nachdem wir durch genaue Untersuchung seiner Verhältnisse auf die bei der Erhebung in Betracht zu ziehenden Umstände aufmerksam geworden sind, die kürzere Erörterung der anderen Gebirgssysteme daran anzuschließen. Zu einer solchen Untersuchung eignet sich unter den deutschen Gebirgen in keiner Weise irgend eines besser als der Harz, theils weil er so äußerst scharf abgeschlossen aus der Ebene hervorragt und einen geringeren, leichter zu übersehenden Umfang hat, theils auch weil er im nördlichen Deutschland am ersten zugänglich ist und am häufigsten besucht wird, daher auch einem großen Theile meiner

---

7) Ehrenberg's wichtige Entdeckung von kieselschaaligen Bacillarien in den Steinkohlen liefert einen schönen Beitrag zur Entstehungsgeschichte derselben und beweist unter anderm die Anwesenheit von Dammerde auf dem Boden, der die Kohlengewächse trug, weil jene Bacillarien auch jetzt noch überall in der Dammerde, zumal in Wiesen- und Moorgründen, angetroffen werden.

Leser durch eigne Anschauung bekannt sein dürfte [1]). Auch besitzen wir über den Harz bereits so viele genaue Untersuchungen und Schriften, und so detaillirte Schilderungen, daß sich bei ihm eher, als bei anderen deutschen Bergzügen, eine ganz richtige, naturgemäße und von jeder subjectiven Ansicht unabhängige Darstellung geben läßt [2]). —

Der Harz bildet einen isolirt aus der Ebene des nördlichen Deutschlands sich erhebenden Bergzug von länglich elliptischer Form, der gegen 13 Meilen lang und 4 Meilen breit ist, in der Richtung von WNW nach OSO streicht, und in seinem höchsten Punkte, dem Brocken, 3508 Fuß über den Meeresspiegel sich erhebt. Dieser erhabenste Punkt findet sich dem nördlichen Fuße des Gebirges näher gerückt, als dem südlichen, und entfernt sich etwa um ein Drittel der ganzen Ausdehnung von dem nordwestlichen Ende. Seine Masse besteht aus Granit (a), welcher bis unmittel-



Geognostische Skizze des Harzes mit den wichtigsten Flüssen und Ortschaften; die letzteren, nur als schwarze Tüpfel angedeutet, können aus jeder geographischen Karte bestimmt werden und blieben hier ohne weitere Bezeichnung; dagegen wurden die Flüsse durch Zahlen, die Formationsglieder durch Buchstaben kenntlich gemacht.
a. Granit, b. Pyroxene, c. metamorphische Gesteine, d. Grauwackengebirge, e. Kieselschiefer, f. Uebergangskalk, g. Melaphyr, h. Rothliegendes, k. Kupferschiefergebirge, l. bunter Sandstein, m. Muschelkalk, n. Gyps, p. Keuper, q. Juragebirge, r. Quadersandstein, s. rothe Porphyrkuppen, t. Kreide, x. Braunkohlenmulden. 1. Innerste und Grane, 2. Ocker, 3. Radau und daneben die nicht numerirte Ecker, 4. Ilse, 5. Holzemme, 6. Bode, zwischen ihr und der Holzemme läuft der nicht bezeichnete Goldbach, 7. Selke, 8. Eine. 9. Wipper oder Wippra, 10. Helme, 11. Zorge, 12. Oder, 13. Sieber, 14. Ruhme, 15. Bach bei Eisleben, 16. Söse.

---

1) Der Umstand, daß diese Schrift aus Vorlesungen entstand, welche vor den Studirenden der Halleschen Universität, also vor Zuhörern, die fast alle den Harz in Ferienreisen zu besuchen pflegen, gehalten wurden, erklärt diese Wahl noch einfacher und sachgemäßer, als meine obigen Angaben. —

2) Benutzt wurden von mir L. v. Buch's Bemerkungen in v. Leonhard's Taschenbuch. 18. Jahrg. 1824. S. 471 ff.; — Fr. Hoffmann, Uebersicht der

bar an den nördlichen Rand des Gebirges reicht, vom südlichen aber um mehr als ein Viertel des Querdurchmessers entfernt bleibt. Außer ihm findet sich noch eine zweite große Granitmasse im Harz, ebenfalls in der Nähe des nördlichen Randes und um ein Drittel der Gebirgslänge von der vorigen entfernt, aber kleiner, niedriger und kaum ein Viertel des Querdurchmessers der Bergkette einnehmend. Beide Granitstöcke laufen nach WNW, dem Streichen des ganzen Gebirges parallel, in einen schmäleren Vorsprung aus, der hart am nördlichen Gebirgsrande bleibt, und dicht vor seiner Spitze von einer tiefen Querspalte zerschnitten wird, durch welche die Gebirgswasser ihren Abfluß nehmen. An der Brockengranitmasse [3]) ist es die Ocker, welche in der bezeichneten Spalte hinfließt; die östliche Granitmasse des Rammberges durchschneidet in derselben Gegend das Bodethal, und bildet hier die durch ihre romantische Scenerie so berühmte, früher (S. 165) geschilderte Roßtrappe. Bei weitem der größte Theil des Gebirges besteht aus Grauwacke (d), die theils als Thonschiefer in reinerer Form besonders am westlichen Ende auftritt, theils als Grauwackenschiefer hie und da durch Vorwiegen von Quarz mehr sandsteinartig wird, nach und nach selbst in Kieselschiefer (e) und Quarzfels übergeht, aber nur an einer einzigen Stelle nahe dem nördlichen Rande, in der Mitte zwischen den beiden Granitmassen, eine etwas beträchtliche Masse von Uebergangskalkstein (f) umschließt. Sehr unbedeutend ist dagegen die kleine Kalkmasse am westlichen Ende neben Grund. Die Streichungslinien der Grauwackenschichten entsprechen der Längendimension des Gebirges nicht, sondern sind ihr fast rechtwinkelig entgegen, indem sie von NO nach SW laufen und bald mehr der nördlichen, bald mehr der östlichen Richtung in der Neigung gegen beide Himmelsgegenden folgen. Ihre Hauptrichtung ist auf der Karte durch die Streifung angegeben; ihr Fallen schwankt zwischen 50° bis 70°, doch giebt es auch mehrere Punkte, wo sie fast senkrecht stehen, aber nur wenige, wo sie geneigter liegen. Neben beiden Gesteinen finden wir am Allgemeinsten im Harzgebirge diejenigen plutonischen Substanzen verbreitet, welche sich durch ihren Augitgehalt auszeichnen und früher (S. 167 ff.) unter dem Namen von Pyroxengesteinen erörtert wurden, von anderen Geognosten aber als Trapp [4]) erwähnt und

orogr. und geognost. Verhältn. des nordwestl. Deutschlands. Leipz. 1830; — Chr. Zimmermann, das Harzgebirge. Darmstadt 1834; — J. F. Hausmann, über die Bildung des Harzgebirges. Göttingen 1842. 4., was besonders zu empfehlen ist; und Th. Credner, Uebersicht der geognost. Verhältn. Thüringens und des Harzes u. s. w. Gotha 1843. 8. Mit einer geognost. Karte. Für eine schnelle und bündige Ansicht am meisten geeignet.

3) Aus der Karte ergiebt sich, daß die kleine Granitkuppe, welche von der Ocker durchbrochen wird, eigentlich nicht mit dem Brockengranit unmittelbar zusammenhängt, sondern durch dazwischen emporgedrungenes Pyroxengestein von ihm getrennt wird.

4) Der Name Trapp kommt bei den Geognosten in so vielfacher Bedeutung vor, und ist bereits mehrmals auch von uns mit so abweichendem Inhalt gebraucht

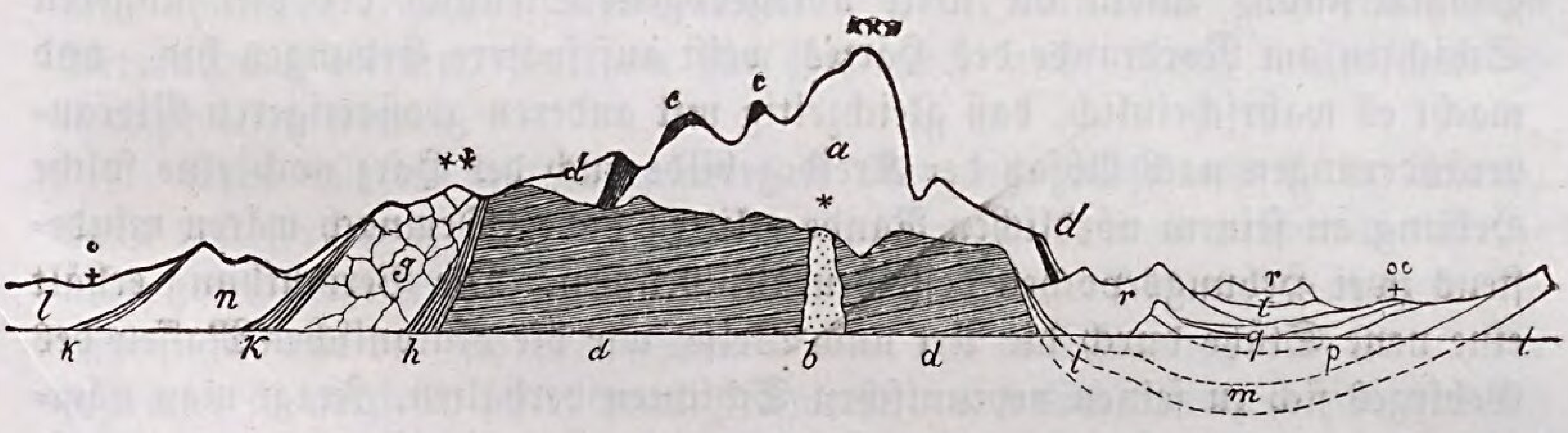
mit den Dioriten (S. 167) verwechselt werden. Sie bilden nirgends große zusammenhängende Massen nach Art des Granits oder der Grauwacke, sondern erscheinen stets nur in schmalen Zügen oder isolirten, auf der Karte durch die Punktirung unterschiedenen Gruppen (b), welche parallel mit den Schichtungsebenen der Grauwacke hervorbrechen, und zwischen ihnen klippenartig aufsteigen; am oberen freien Ende sie theils verwerfend, theils über ihnen sich ausbreitend, theils endlich unter ihnen sich fortziehend. —

Im eigentlichen Gebirge findet sich außer den erwähnten Substanzen kein weit verbreitetes Gestein; denn alle Schichten, die den Harz an seinem Fuße umgeben, können als nicht zu ihm gehörige spätere Auflagerungen betrachtet werden. Unter diesen ist die Zechsteinformation (Kupferschiefer, bituminöser Mergelschiefer mit Gyps und Dolomit oder Rauhwacke, S. 207 fg.) am allgemeinsten verbreitet; sie zieht sich in einem schmalen Streifen (k) von der äußersten nordwestlichen Ecke am ganzen westlichen, südlichen, östlichen Rande fort und begiebt sich um die nordöstliche Ecke herum auch eine kurze Strecke auf den nördlichen Rand, fast bis zur zweiten Granitmasse hin. Am östlichen Ende des Gebirges begleitet den Kupferschiefer das Rothliegende (h), die mächtige Sandsteinschicht über der Steinkohlenformation, und lagert sich zwischen ihn und die Grauwacke des Harzes, wie es das relative Alter beider Schichten fordert. Noch an einer zweiten Stelle, in der Mitte des südlichen Randes, findet sich das Rothliegende zwischen den Zechsteingliedern und der Grauwacke wieder; hier (bei Ilfeld) wie an seiner äußersten östlichen Spitze auf der Nordseite (bei Opperode und Meisdorf) mit Steinkohlenflötzen, welche unter und an

---

worden, daß es nöthig scheint, diese Differenzen neben einander zu stellen, damit sich unsere Leser in dem Labyrinthe der Meinungen besser zurecht finden können. Werner bezeichnete mit dem Namen der Trapp- oder Flötztrapp-Formation alle basaltischen oder überhaupt vulkanischen Gesteine, welche er seiner Vorstellung nach für neptunischen Ursprungs hielt. Daher pflegen einige neuere Geognosten die vulkanischen Gesteine überhaupt noch Trappe zu nennen, und davon als besondere Arten den Basalt, Dolerit, Phonolith, Trachyt u. a. m. zu unterscheiden. Im Gegensatz gegen diese Annahme führen bei anderen Schriftstellern die feinkörnigen Gemenge von Hornblende oder Augit und Feldspath, welche früher theils als Grünstein oder Diorit, theils als Pyroxengesteine erwähnt wurden, den Namen Trapp; bezeichnen also bei ihnen keine vulkanische, sondern plutonische Materien. Ganz kürzlich hat endlich Hausmann die Benennung Trapp für die quarzfreien Porphyre des Harzes, welche in ihren Beziehungen zu den Quarzporphyren dem Augitporphyr oder Melaphyr entsprechen, nach Lasius Vorgange wieder in Anwendung gebracht, und nach der Art ihrer formellen Beschaffenheit Trapporphyr, Trappmandelstein und eigentlichen Trapp unterschieden. Das ähnlich klingende Wort Traß ist mit Trapp nicht zu verwechseln, es bezeichnet vulkanische Produkte von erdiger oder poröser Beschaffenheit, eigentlich vulkanische Asche, welche später zusammengebacken und oft durch Wasser in eine festere Masse verwandelt wurde. Diese Substanzen gehen in ihrem Ansehen auf der einen Seite in Laven und Bimsstein, auf der andern in Thonschichten oder Conglomerate über und finden sich in der Nähe alter erloschener Vulkane.

ihm zu Tage ausgehen. Zugleich brechen neben dem südlichen Abschnitt des Rothliegenden Porphyre hervor, theils quarzführende rothe (s, s), theils quarzfreie braune Porphyre (g), welche sich durch ihren Gehalt von Granat auszeichnen. Die Quarzporphyre berühren das Rothliegende in der Regel gar nicht, sie treten nur neben seiner westlichen Spitze an dasselbe heran und bilden isolirte Gruppen in der Grauwacke, der Streichungslinie des ganzen Gebirges folgend. Der Granatporphyr erhebt sich als mächtige Masse unmittelbar aus dem Rothliegenden an dessen südlicher Grenze neben dem Zechstein, folgt aber in seiner Streichungslinie ebenfalls den Quarzporphyren und den großen Granitmassen an der entgegengesetzten nördlichen Seite des Gebirges. Die Schichten dieser ältesten Flötzgebirge unmittelbar neben den Gliedern der Uebergangsformation (Thonschiefer, Grauwacke und Uebergangskalkstein, S. 195 flg.) folgen übrigens dem Fallen der letzteren nicht, sondern bleiben der horizontalen Lage so nahe (ihr Fallwinkel beträgt 10 bis 15°), daß man ihre Neigung deutlich als Folge der Auflagerung auf die gehobenen Grauwackenschichten beim mechanischen Absatz durch Wasserbedeckungen erkennt, und sie also noch in ihren primitiven Lagerungsverhältnissen antrifft. Deutlicher ist das aus dem anstehenden Querprofil zwischen Nordhausen und Halberstadt, welches dieselben Bezeichnungen mit der vorhergehenden Karte trägt, zu entnehmen; bei seiner Beurtheilung indeß nicht außer Acht zu lassen, daß die Höhe 10mal so groß angenommen ist, wie die Länge, jene sanft geneigten Schichten also auf dem Bilde viel steiler stehen. Die Grauwackenschichten (d) liegen da-



gegen fast horizontal, weil der Schnitt ihrer Streichungsrichtung folgt; die Zechsteinschichten (k) werden vom massigen Gyps (n) unterbrochen [5]. Die

5) Der Querschnitt beginnt rechts oder nördlich am Huy bei Halberstadt, dessen Lage durch °° angegeben ist. Man erkennt, daß zwischen dem Huy und dem Nordrande des Harzes der Muschelkalk (m) eine Mulde bildet, worin die jüngeren Schichten gelagert erscheinen. Hinter dem Harzplateau, dessen Schichten durch d. d. bezeichnet sind, steigt die Brockenkuppe (***) mit dem Saume der metamorphischen Gesteine (c) und einem schmalen Grauwackenstreifen (d) empor. Südlich lehnt sich an das Plateau des Harzes, in welchem sich der Pyroxenstock (b) des Kahlberges (*) erhebt, das Rothliegende (h) mit der Melaphyrmasse des Herzberges (**) und ihm folgt gegen die Ebene hin der Kupferschiefer (k), dessen Gypsstock (n) den größten Theil des

sanfte Neigung der letzteren gilt nicht von den jüngeren Flötzgebilden, welche den Fuß des Harzes an der Nordseite umgeben. Der **bunte Sandstein** (l), die Schicht zunächst über dem Zechstein, breitet sich nur so weit in den Ebenen am Fuße des Harzes aus, als letzteren die Zechsteinformation umfaßt; er tritt am ganzen nördlichen Rande bis dicht an die Grauwacke und die plutonischen Gesteine des Gebirges hinan, und bildet mit dem Muschelkalk (m), Keuper (p) und Liasmergeln (q), welche stellenweis vorkommen, einen schmalen bandförmigen Streifen, hinter dem die Quadersandsteine (r) und Kreideschichten (t) über die Ebene sich erstrecken. Alle diese Schichten stehen steil, oder fallen selbst dem Gebirge zu, der Quadersandstein an mehreren Orten in den barocken Formen, die früher als **Teufelsmauern** (S. 223) erwähnt wurden. An anderen Stellen liegen die älteren Straten sogar umgeklappt oder übergebogen auf den jüngeren; Verhältnisse, die gleich dem Einfallen der Schichten gegen das Gebirge, als Wirkung einer die natürliche Lagerungsfolge umkehrenden Aufrichtung zu betrachten sind.

Haben wir auf diese Weise den Inhalt und die Umgebungen des Harzes kennen gelernt, so kann es uns nicht schwer werden, die Zeit seines Emportretens zu bestimmen. Daraus nämlich, daß am ganzen westlichen, südlichen und östlichen Rande die neptunischen Schichten bis zur Kohlenformation hinab wagrecht liegen, ersehen wir eine Hebungsepoche, die der Entstehung des **Rothliegenden** vorherging und älter ist als die Bildung der Steinkohlen, von welchen früher gezeigt wurde, daß sie zwischen jene alten rothen Sandsteine des Devonischen Systems und das Rothliegende gelagert sind. Allein die steile übergebogene Stellung der viel jüngeren Schichten am Nordrande des Harzes weist auf spätere Hebungen hin, und macht es wahrscheinlich, daß gleichzeitig mit anderen großartigeren Niveauveränderungen nach Absatz der Kreidegebilde auch der Harz noch eine solche Hebung an seinem nördlichen Rande erlitten habe. Demnach wären mindestens zwei Hebungsepochen desselben anzunehmen. Die Vermuthung erhält eine neue Stütze durch die Art und Weise, wie die plutonischen Massen des Gebirges sich zu seinen neptunischen Schichten verhalten. Fragt man nämlich, welche der drei plutonischen Materien die eigentlich hebenden waren, so erhellt alsbald, daß die Porphyre es nicht sein konnten, weil sie am Südrande des Gebirges, also gerade da liegen, wohin seine Schichten einfallen. Es bleibt demnach nur noch die, wie sich bald zeigen wird, nicht schwierige Wahl zwischen den Graniten und den Pyroxenen. Die Granite laufen nämlich in ihrer Streichungsrichtung am Nordrande des Gebirges keineswegs der Streichungslinie des Schiefergebirges parallel, was doch der Fall sein müßte, wenn sie die steile Stellung der Schieferflächen bewirkt hätten;

Ganzen einnimmt. Neben demselben beginnt der bunte Sandstein (l) der goldenen Aue, an deren Rande Nordhausen (°) liegt. —

sie folgen vielmehr genau dem Porphyrzuge am Südrande, von dem wir schon sahen, daß er an der Hebung schuldlos sei. Eines Theils hierdurch, andern Theils aber auch durch das Eindringen von Granitgängen in die Pyroxene an solchen Stellen, wo der Granit mit ihnen (namentlich mit Euphotid, S. 168) in Berührung kommt, bewährt sich sein späteres Hervortreten. Demnach können es nur die Pyroxengesteine gewesen sein, welche das Aufrichten der Schiefermassen des Harzes bewirkten. Daß sie es in der That waren, wird durch eine genaue, besonders von Hausmann angestellte Untersuchung bestätigt, und namentlich durch ihn aus dem häufigen, an verschiedenen Orten erfolgten Durchbruch der Pyroxene ein ebenso verschiedenes gruppenweises Emporsteigen der neptunischen Gebilde des Harzes nachgewiesen, auch aus demselben Grunde das Schwankende im Streichen der Schichtungsebenen abgeleitet. Herr Hausmann überzeugte sich von sieben solcher Hebungsabschnitte im Harzgebirge und läßt, nachdem die Schichten des Harzes durch sie in der Streichungsrichtung von SW nach NO aufgerichtet worden waren, durch successiv spätere Hebungen das Emporsteigen der Granite und Porphyre in entgegengesetzter Streichungslinie von WNW nach OSO bewirkt werden. Durch eine noch spätere allerjüngste Hebung wurden endlich die am Nordrande des Harzes verworfenen Schichten des jüngeren Flötzgebirges, deren Verwerfung dem Zeitraum nach Absatz der Kreide und vor Entstehung der tertiären Schichten angehört, in ihre abnorme Stellung gebracht. Hausmann glaubt selbige in gleiche Zeit mit dem Emporrichten der steilen Gypsmauern am Südrande des Harzes versetzen zu müssen, und ist geneigt, beide Verhältnisse ähnlichen Ursachen zuzuschreiben. Seine Annahme muß einstweilen Vermuthung bleiben, sie kann für jetzt noch nicht streng wissenschaftlich nachgewiesen werden. —

Sehr hübsche Aufklärungen sind übrigens zuerst von L. v. Buch, dann von Fr. Hoffmann, und endlich von Hausmann über die Metamorphosen ertheilt worden, welche die neptunischen Sedimente an den Berührungen mit den Pyroxengesteinen und mit dem Granit erfuhren. Die ersteren, in ungleich schwächeren, schmalen, den Schichten der stratificirten Gesteine parallelen Streifen oder Zügen auftretend, veranlaßten im Ganzen viel geringere Metamorphosen, als der Granit, und änderten die neptunischen Massen theils bloß formell, theils materiell; in welchem Falle besonders Eisenoxyd und Kieselsäure es waren, die neben den Pyroxenen in die Grauwackenglieder eindrangen. In welcher Form die letztere sich befand, als sie den Metamorphismus herbeiführte, lassen wir dahin gestellt sein, obgleich auch hier eine wässerige Infiltration am annehmbarsten erscheint; aber sicher ist es wohl, daß die Kieselschiefer, Eisenkiesel, Hornsteine und Wetzschiefer dadurch gebildet wurden, welche in größerer oder geringerer Mächtigkeit die Pyroxensteine umgeben, und entfernter von ihnen in Grauwacke übergehen. Einflußreicher als metamorphosirende

Substanz war übrigens der Granit, und wenn er auch zum Theil dieselben Metamorphosen, wie die Pyroxengesteine, veranlaßte, so sind doch die Erfolge seiner Nähe immer großartiger und umfangsreicher. Der Kieselschiefer erscheint neben Granit viel mächtiger, und wird deshalb als Kieselschieferfels von Hausmann unterschieden; der Hornfels möchte durch Eindringen von Alkalisilikaten in Grauwacke oder in Quarzfels entstanden sein, mit welchen Substanzen zugleich auch Talksilikat zur Bildung von Glimmer, Chlorit und Hornblende eingeführt wurde, und zahlreiche Modifikationen des Hornfelses bewirkte. Gneiß und Glimmerschiefer sind im Harze seltener, sie fehlen jedoch nicht ganz; auf der Höhe des Brockengranites hat man Gneiß, in den Umgebungen desselben aber überall den Hornfels angetroffen. Auch am Granit der Roßtrappe findet sich letztere Substanz sehr allgemein, und bedeckt ihn selbst wie eine Schaale auf seiner Oberfläche (vergl. die Karte S. 252). —

Gehen wir nach dieser Charakteristik des Harzgebirges zur Betrachtung anderer deutscher Bergketten über, so müssen wir derselben die Bemerkung voraufschicken, daß die aus ihrer Schichtenstellung gezogenen Schlüsse in vielen Beziehungen noch hypothetischer sind, als die über das Alter des Harzgebirges mitgetheilten, und daß wir bei fortgesetztem genaueren Studium der einzelnen Bergreihen höchst wahrscheinlich zur Erkenntniß einer ebenfalls mehrmaligen, in verschiedenen Zeiten stattgefundenen Hebung derselben gelangen werden. Der Gegenstand, welcher uns hier beschäftigen soll, ist noch zu neu, und die Erfahrungen, worauf sich die Resultate gründen, sind im Allgemeinen noch zu wenig umfassend, als daß wir eine vollendete Charakteristik des relativen Alters der Gebirge schon jetzt erwarten könnten; wir müssen uns vielmehr zunächst mit einigen Hauptergebnissen begnügen und die Kritik derselben einer spätern Zeit überlassen. Gegenwärtig nimmt man zwölf verschiedene Hebungsperioden an und bestimmt sie und ihre Produkte in folgender Weise:

1. Zu den ältesten Hebungen in unserem Vaterlande scheint die Aufrichtung der Schichten des Hundsrück und Taunus zu gehören, mit welchen gleichzeitig in England die Erhebung von Westmoreland und Südschottland stattgefunden haben dürfte. Die neptunischen Schichten dieser Bergzüge bestehen aus Thonschiefer und Grauwacke, besitzen wenigstens in Deutschland dieselbe Streichungsrichtung von SW nach NO, welche von den Harzer Grauwackengliedern erwähnt wurde, fallen aber meist nach Norden, der Harzer Grauwacke entgegengesetzt. Das Kohlengebirge am südlichen Rande des Hundsrück legt sich an die Grauwacke mit schwachem südlichen Fallen an, ist also jünger als ihre Hebung. In Westmoreland sind auch die ältesten Schichten des Kohlengebirges, selbst die Glieder des Devonischen Systems (S. 200), nicht mehr verworfen, mithin ebenfalls jünger als die Aufrichtung der Schichten; ja es scheint, als wenn sogar einzelne nicht verworfene Glieder des Uebergangskalkes erst

nach der Hebung dieser Grauwackengebirge abgesetzt seien. Das Streichen derselben von SW nach NO wiederholt sich übrigens in sehr vielen Grauwacken, und ist namentlich im Westerwalde, der Eifel, dem Grauwackengebirge zwischen dem Thüringer Walde, Fichtelgebirge und Erzgebirge, und an der böhmischen Grauwacke beobachtet worden; es dürfte vielleicht später bei genauerer Untersuchung als Produkt einer überall gleichzeitigen Aufrichtung dieser Grauwackenschichten sich ergeben.

2. Verschieden von dieser Streichungslinie ist eine andere Reihe von Grauwackengebirgen, in denen die Richtung der Schichten ziemlich genau von W nach O geht, oder sich etwas nach N und S wendet, und dadurch zu einer der vorigen fast rechtwinkelig entgegenstehenden wird. Diese Streichung zeigen die Grauwackenglieder des südlichen Irlands, der Bocange in der Normandie und der Belchen am Südrande der Vogesen. Die begleitenden Kohlenschichten mit ihren rothen Sandsteinen erscheinen ebenfalls nicht gehoben, und weisen dadurch auf eine der vorigen Hebung sehr bald gefolgte, in abweichender Streichungslinie hervorgetretene hin.

3. Das System von Nordengland besteht aus Kohlenkalksteinen und Sandsteinen, welche in der Richtung von Norden nach Süden gehoben sind, und durch eine Sattellinie mit mehrfachen Verwerfungen sich auszeichnen, nirgends aber eine steile Schichtenstellung darbieten. Der Höhenzug reicht von Derby bis zur schottischen Grenze, hebt die ihn begleitenden mächtigen Kohlenschichten, und ist also erst nach Ablagerung derselben emporgestiegen. Die plutonischen Massen, welche seine Hebung bewirkten, treten nicht zu Tage.

4. Das System der Ardennen oder der Niederlande und Südwales hat mit dem ersten System eine gleiche Streichungslinie von SW nach NO, wendet sich aber westwärts immer mehr nördlich, und geht dadurch in die Streichungsrichtung des zweiten Systems über. Es besteht aus stark gehobenen Grauwackenschichten, auf deren Fuße verworfene, selbst umgeklappte Kohlenschichten ruhen, an welche sich in England die horizontal gebliebenen Straten des Zechsteins und bunten Sandsteins anlehnen. Man sieht daraus, daß die Hebung dieser Grauwackengebirge nach Absatz der Kohlenschichten, aber vor Bildung des Zechsteins erfolgte, mithin viel jünger ist, als die Hebung des ersten und zweiten Systems, zwischen welchen, seiner Streichungslinie nach, dieses vierte ein Verbindungsglied zu bilden scheint. Vielleicht fand namentlich in der zusammenhängenden Grauwacke des Hundsrück, Taunus, der Ardennen, Eifel und des Westerwaldes eine mehrmalige gruppenweise Aufrichtung in Partieen, wie am Harze, statt, von denen die ältesten Theile (Hundsrück und Taunus) gleichzeitig mit der Aufrichtung der Harzer Grauwacke vor Absatz der Kohlen, die jüngeren nach der Kohlenbildung erfolgten und die Verwerfung ihrer Schichten bewirkten.

5. Das System des Rheins besteht aus den Vogesen und dem Schwarzwalde, zwei sehr analog gebildeten Bergketten, die den Rhein von Basel bis Mainz zwischen sich nehmen, also von SSW nach NNO streichen, und ihre steilen Abstürze einander zukehren. In ihrem Innersten und an den Wänden der widersinnigen Abhänge aus plutonischen und metamorphischen Gesteinen, zumal Gneiß, gebildet, werden sie von den neptunischen Schichten der weit ausgedehnten Triasformation umlagert, deren jüngere Straten, der Muschelkalk und der Keuper, nicht mehr gehoben und verworfen erscheinen. Es fällt nämlich die Periode ihrer Erhebung zwischen die Bildung der Hauptmasse des bunten Sandsteins (Vogesensandstein, S. 211) und der jüngeren ihn bedeckenden Schieferlettenschichten. Als Fortsetzung des Schwarzwaldes sind der Odenwald und der Spessart zu betrachten, sie schließen sich als die Ausläufer derselben Hebung an ihn an und bezeichnen die Richtung, in welcher der Sattel des bunten Sandsteins durch Hessen bis zur Weserkette sich hinzieht, hier am östlichen Ufer des Flusses im Sollinger Walde endend. Geraume Zeit nach dieser Hebung, wohl gleichzeitig mit dem zehnten System, sind in derselben Richtung die Basalte des Vogelsberges, der Rhön und die hessischen hervorgetreten. —

6. Das System des Thüringer Waldes und Böhmer Waldes streicht von NW nach SO und scheint mit den gleicher Richtung folgenden Bergketten der Bretagne und Vendée zu derselben Zeit gehoben zu sein. Die Schichten des Keupers erscheinen in diesem System noch gehoben, die untersten Juraschichten, der Lias, aber horizontal; seine Aufrichtung fällt also zwischen den Absatz dieser beiden Flötzgebilde.

7. Das System des Erzgebirges ist gleichzeitig mit dem Schweizer Jura, der Côte d'Or und den Cevennen aufgerichtet worden, und folgt in seiner Streichungslinie dem ersten System von SW nach NO. Es hebt die Ketten des Jura, aber nicht mehr die Glieder der Kreide, seine Bildungsepoche fällt also zwischen den Absatz der jüngeren Flötzformationen.

8. Das System der Meeresalpen, mit seinem höchsten Punkte, dem Monte Viso, über der Quelle des Po bei Saluzzo, erstreckt sich durch das südliche Frankreich bis nahe an die Rhone, in einer Streichungsrichtung von NNW nach SSO, und besteht vorzugsweise aus Juraschichten, die alle gehoben sind. Die Aufrichtung derselben erfolgte augenscheinlich während der Bildung der Kreideformation, deren älteste Glieder mit an der Hebung der Juraschichten Theil nehmen, während die jüngsten am Fuße des Gebirges horizontal liegen. —

9. Das System der Pyrenäen und Apenninen streicht in einer nah verwandten Richtung von WNW nach OSO, und ist besonders im südlichen Europa weit verbreitet, da auch die Ketten an der anderen Seite des adriatischen Meeres und die gleichförmig streichenden Bergreihen Grie-

chenlands derselben Hebungsepoche anzugehören scheinen. Alle Glieder der Kreide werden von den Gebirgen dieses Systems gehoben und am Fuße von tertiären Schichten umgürtet, die ihre wagrechte Ablagerung beibehalten. Aus entsprechenden Verhältnissen am Nordrande des Harzes, in der Weserkette, wie im Teutoburger Walde ist eine gleichzeitige Hebung in diesen Gegenden zu entnehmen, wenn wir auch die eigentliche Aufrichtung des Harzer Schiefergebirges für älter halten und in die Bildungsperiode des ersten Systems setzen müssen. Dagegen ist der Teutoburger Wald, welcher der Richtung des Thüringer Waldes ebenso genau folgt, wie die Weserkette dem Zuge der Harzer Granite und Porphyre bis nach Halle sich anschließt, gewiß gleichzeitig mit ihr, den Pyrenäen und Apenninen gehoben worden. Wahrscheinlich fanden also auch in der Richtung dieses Systems schon viel frühere Hebungen statt, aber nicht in allen Gliedern desselben spätere; weshalb wir seine Gebirgszüge ebenso sehr als eine lokale Weiterführung des sechsten Systems betrachten könnten, wie früher bereits das vierte als eine weitere Ausführung des ersten angesehen wurde. —

10. Das System von Corsika und Sardinien streicht in gleicher Richtung mit dem fünften oder rheinischen System und den Bergrücken im südlichen Frankreich zwischen der Rhone, oberen Loire und Allier. Diese Bergreihen heben nicht bloß die Glieder der Kreide, sondern auch die ältesten tertiären Schichten, welche den eocenen Gebilden des Pariser und Londoner Beckens gleichstehen; ihre Aufrichtung fällt also in die erste Zeit der tertiären Formation. Eben damals erhoben sich die zahlreichen Vulkane der Auvergne westlich von dem Allier, und die des Vivarais südlich von der Loire; beide entsprechen wieder so genau in ihrer Richtung den schon öfter besprochenen Basalten Hessens, des Meißners, Habichtswaldes, der Rhön und des Vogelberges, daß man an einem Zusammenhange derselben mit den französischen und einer gleichzeitigen Bildung nicht zweifeln kann. Es dürfte demnach auch hier wieder das fünfte und zehnte System als ein zusammengehöriges Ganzes zu betrachten sein, in welchem spätere lokale Hebungen während des Absatzes der tertiären Schichten stattfanden, wodurch einzelne Punkte eine sehr veränderte jüngere Gestalt erhielten.

11. Eine solche Ansicht wird durch die entschieden in mehrmaligen Absätzen nach einander erfolgte gruppenweise Hebung der Alpen ebenso sehr, wie durch die früheren Angaben über die Bildung des Harzes gerechtfertigt. Wir müssen nämlich als eilftes System den Theil der Alpen betrachten, dessen Hauptmittelpunkt der Montblanc bildet, und ihn von der südlichen schon erwähnten, und östlichen später gehobenen Alpenkette sondern. Das System des Montblanc hebt auch die älteren Schichten der Tertiärformation, und reicht über das System des Monte Viso, dem es

sich in veränderter Streichungslinie anschließt, hinaus in die neueren Perioden hinein. Seine Hauptrichtung geht von NO nach SW.

12. An dasselbe schließt sich, als letzte Gebirgserhebung in Europa, das System der Alpen, von Wallis bis nach Oesterreich, dessen Aufrichtung erst nach Absatz der Molasse und Nagelflüh erfolgte, und als Resultate der damit verbundenen Umwälzungen die mächtigen Geschiebeablagerungen bewirkte, welche der gegenwärtigen Zeit unmittelbar vorhergingen. Diese Geschiebe erscheinen in den Alpenthälern noch in primitiver Lagerung, die Molassenschichten aber gehoben. Die Streichungslinie der Hauptkette der Alpen läuft übrigens von WSW nach ONO, und kreuzt sich mit dem System des Montblanc unter einem spitzen Winkel.

Es sind Muthmaßungen, die auf einzelnen Beobachtungen beruhen, wenn man hauptsächlich nach der gleichartigen Streichungslinie die übrigen europäischen und außereuropäischen Gebirge mit den verschiedenen Systemen dieser Reihe in Einklang zu bringen, und daraus auf gleichzeitige Hebungen zu schließen versucht hat. Wie weit diese Ansichten mit den Thatsachen übereinstimmen, wird die Folgezeit lehren müssen; für jetzt können sie nur als hypothetische Annahmen gelten, die Beachtung verdienen, daher ihnen eine Erwähnung an dieser Stelle nicht versagt werden soll.

Als gleichzeitig mit dem System von Corsika und Sardinien betrachtet Elie de Beaumont den Libanon und die syrischen Bergketten bis zum Sinai. Mit dem System der Pyrenäen und Apenninen reihet er die Ghates in Vorderindien und die Alleghanis in Nordamerika zusammen, mit welchen übrigens, der entsprechenden Richtung wegen, sich sehr gut die Gebirge zu beiden Seiten des rothen Meeres, die parallelen Bergreihen Hinterindiens und der Halbinsel Malacca in Beziehung bringen lassen. An das System des Montblanc scheinen sich die Bergketten des östlichen Randes von Spanien anzuschließen und unter der Meerenge von Gibraltar fort nach Afrika hinüberzusetzen; auch die Hauptkette des Atlas streicht dieser Richtung parallel, und die Verlängerung derselben über den atlantischen Ocean trifft gerade auf die vorragendste Ecke von Südamerika am Cap Roque, von wo aus ein in derselben Richtung fortsetzender hoher Gebirgszug sich bis ins Innere des Festlandes erstreckt, und das Stromgebiet des Tocantins von den östlichen Küstenflüssen sondert. In einem auffallenden Parallelismus der Streichungsrichtung stehen ferner zu dem System des Montblanc die Gebirge Skandinaviens, Nordschottlands und der Vulkanzug Islands mit der benachbarten Jan Mayen Insel. In Asien folgen der Kaukasus, Paropamisus und das Himalaya-Gebirge einer Richtung, welche sich an die Streichungslinie der östlichen Karpathen anschließt; womit, da die westliche Seite desselben Gebirges sich füglich als eine Fortsetzung der Hauptalpenkette betrachten läßt, die genannten Bergzüge Asiens sich

an die Alpen selbst anreihen, alle vier Hauptgebirge also einen großen Bogen durch die Mitte des östlichen Continents beschreiben würden, dessen Aufrichtung als die jüngste Hebung in dieser großen Ländermasse angesehen werden dürfte. Jünger endlich, als alle anderen Gebirge, scheint die Andeskette zu sein. Ihre von N nach S streichende Hauptrichtung beschreibt eigentlich einen großen, nach O gespannten Bogen oder fällt, genauer betrachtet, in die Verbindungslinie von NNW und SSO. Diesem Bogen entspricht auf der östlichen Halbkugel ein ganz ähnlich gespannter, dessen nördliche Hälfte von den Bergreihen Kamtschatkas, Japans, der Philippinen und Molucken dargestellt wird, während die südliche Hälfte in den Gebirgen an der Ostküste Afrikas aufzutreten scheint. — Für die Jugend dieser Erhebung zeugt ganz besonders die Beziehung der Vulkane zu den Cordilleren, wie zu den Bergreihen am Nordostrande Asiens; in dieser Hinsicht stimmen beide Systeme eben so sehr, wie in der Streichungsrichtung, mit einander überein, welcher Umstand nach den bisherigen Erfahrungen uns wohl erlaubt, sie für gleichzeitige zu halten. Vulkane sind nämlich, das haben wir schon früher erkannt, die jüngsten und letzten Produkte der nach oben einen Ausweg suchenden, eingeengten, geschmolzenen und gasförmigen Materien; Gebirgszüge also, die Vulkanreihen auf ihren Hochebenen und Kämmen oder an ihren Abhängen neben sich tragen, müssen schon deshalb später, als alle nicht von Vulkanen begleiteten Bergzüge, gehoben und durch Revolution verändert worden sein. Kein Gebirge zeigt uns aber so viele Vulkane, oder ist so innig mit ihnen in Verbindung getreten, wie die Andeskette Amerikas, und der genannte ihr correspondirende Höhenzug an der östlichen Küste Asiens; wir zweifeln daher keinen Augenblick, daß in ihnen die letzten großartigsten Durchbrüche von unten stattfanden, und sie in jüngster Zeit, vielleicht noch später, als die letzte Erhebung in den Alpen eintrat, eine beträchtliche Niveauveränderung erlitten haben.

Für das jugendliche Alter der Cordilleren in ihrer jetzigen Gestalt sprechen übrigens noch manche andere Umstände. Ueberblickt man nämlich die Bergketten der zwölf Erhebungssysteme im Vergleich mit einander, so findet sich bald eine gewisse Uebereinstimmung der räumlichen Ausdehnung mit dem relativen Alter und ein Zusammenhang zwischen beiden, der schwerlich ein zufälliger ist. Wir bemerken ferner, daß die ältesten Gebirgszüge nur niedrig sind und keine großen Strecken durchziehen, jüngere aber immer höher und größer werden, je näher ihre Aufrichtung der Gegenwart kommt. Hundsrück und Taunus, wahrscheinlich die ersten Erhebungen des vaterländischen Bodens, welche in unveränderter Stellung geblieben zu sein scheinen, überschreiten nur an einzelnen, besonders erhabenen Punkten die Höhe von 2600′, und halten sich im Ganzen in einer mittleren Erhebung von 1500 bis 2000′. Innerhalb derselben Grenzen schwankt die mittlere Höhe des ähnlich gebauten Harzgebirges, allein über seinen Rücken

erhebt sich die Granitmasse des Brockens zu 3508'. Der Thüringer Wald, eine bei weitem jüngere Erhebung, als die Aufrichtung des Harzer Grauwackengebirges, scheint vielmehr mit der Bildungsepoche der Porphyre am Südrande des Harzes gleichzeitig gehoben zu sein; nichtsdestoweniger bleibt er mit seinem erhabensten Punkte, dem 3060' hohen Beerberge, hinter dem Brocken an Höhe zurück; sein Kamm schwankt von 1250 bis auf 2500'. Zwischen die Erhebung der Harzer Grauwacke und des Thüringer Waldes fällt das System der Vogesen und des Schwarzwaldes als eine gleichzeitige Aufrichtung, deren erhabenste Punkte 4400' (Ballon de Soulz in den Vogesen) und 4590' (Feldberg im Schwarzwalde) ansteigen, während die mittlere Höhe beider von 2000 zu 3000' wechselt. Odenwald und Spessart, die Fortsetzungen des Schwarzwaldes, erheben sich nur zu 2180 und 1900', bei einer mittleren Höhe von 12—1600'. Das Erzgebirge, jünger als beide und jünger als der Thüringer Wald, bildet mit dem gleichzeitigen Fichtelgebirge einen langen aber niedrigen Höhenzug, dessen erhabenster Punkt im Fichtelgebirge, der Schneeberg, nur 3220' Höhe hat, während der Keilberg im Erzgebirge 3800' hoch wird; die mittlere Höhe hält sich im letzteren auf 3000 bis 3400', im ersteren nur auf 1700 bis 1800'. Darf man den Jura, was wahrscheinlich ist, für gleichzeitig gehoben halten, so würde dieses System in ihm seine bedeutendste Höhe erreichen, denn der Kamm des Schweizer Jura hält sich auf 3000 bis 4000', und seine höchsten Punkte, der Mont Tendre und Recület, überschreiten 5100'. Das Riesengebirge und die Sudeten, deren Erhebung mit dem Emportreten der Harzer Granite gleichzeitig zu sein scheint, erreicht in seinem höchsten Punkte, der Schneekoppe, 5000', der Hauptrücken schwankt zwischen 3000 bis 3600'; es ist das höchste Gebirge Deutschlands nach den Alpen. Die Pyrenäen und Apenninen, welche sich der Streichungslinie des Riesengebirges anschließen und ihrer Erhebung nach in dieselbe Zeit fallen dürften, übertreffen dasselbe an Ausdehnung und Höhe. Das italienische Gebirge erhebt sich am Monte Corno zur Höhe von fast 9500', bleibt indessen gewöhnlich zwischen 3000 bis 4000'; die Pyrenäen gehen viel weiter hinauf, als ihr südlicher Nachbar: der Gipfel der Maledetta wird zu 10,700' Höhe angegeben, der Montperdü zu 10,500', viele Gipfel erreichen 9000', der Gebirgskamm überschreitet dagegen nur selten 8000'. Die drei Systeme der Alpen haben ihre erhabensten Punkte im Monte Viso (12,990'), im Montblanc (14,764') und in der Ortlesspitze (12,022'); sie wachsen also mit der Erhebungszeit nicht gleichmäßig an Höhe, wohl aber an Ausdehnung und Masse. Die Karpathen, welche sich an das östliche Ende der Alpen anschließen, erheben sich zu 9300' Höhe (Ruska Poyana); die höchste Spitze des Kaukasus, der Elbrus, wird auf 16,700' angesetzt und der höchste Punkt im Himalaya, der Dawalagiri, erreicht über 25,000 Fuß.

Nach diesen Angaben werden also die Gebirge um so größer und höher, je jünger sie sind, und ihre Aufrichtungszeit scheint in der That mit ihren Dimensionen in einem innigen Zusammenhange zu stehen. Bedenken wir ferner, daß in sehr vielen Gebirgen die Spuren mehrmaliger, in Perioden auf einander gefolgter Hebungen deutlich sich nachweisen lassen, so dürfen wir um so eher auch von den jüngsten Gebirgen eine mehrmalige Hebungsepoche behaupten, und eben aus der öfteren Wiederholung solcher Erscheinungen ihre größere Masse, Höhe und Ausdehnung erklären. Dies zugegeben, sind aber die Cordilleren entschieden das jüngste aller Gebirge unserer Erde, und wenn auch ihre erhabensten Spitzen die Höhe des Dawalagiri nicht erreichen (die höchsten Punkte in der Andeskette ersteigen, nach S. 105, nur 19,900 bis 20,100'), so dehnt sich doch keine andere Bergkette über eine Fläche von 1800 geographischen Meilen Länge aus, und hat verhältnißmäßig so viele bedeutende Höhen, wie die Cordilleren.

Wenn es also jemals einen Zeitraum der Erdbildung gegeben hat, in welchem alles heutige Festland unter dem Spiegel des Weltmeeres verborgen lag; wenn damals noch eine hohe Temperatur diesen Ocean geraume Zeit in beträchtlichen Hitzgraden erhielt und dem Entstehen organischer Wesen hinderlich ward, wenn endlich spätere Eruptionserscheinungen die Wasser mit ihren Auswürflingen mischten, und die bereits entstandenen Geschöpfe durch ihre letalen Eigenschaften wieder vernichteten; so wurden solche Erhebungen des Meeresgrundes zugleich die Ursachen des ersten Festlandes, welches über den Wasserspiegel emporstieg. Die allgemeine Vertheilung der gesammten Wassermasse über die ganze Erdoberfläche in jener ältesten Zeit läßt kaum einen Zweifel, daß der Urocean eine gleichmäßige und zugleich geringere Tiefe haben mußte, als das heutige Weltmeer; es mochten daher schwache Erhebungen, wie sie nach den obigen Mittheilungen früher nur stattfanden, hinreichen, seinen Boden stellenweis über die Oberfläche des Wassers zu bringen. Anfänglich ragten die Erhebungen vielleicht nicht einmal aus dem Wasser hervor, und erst nach und nach, als immer mächtigere Massen der Tiefe entnommen wurden, zugleich aber an anderen Stellen der Boden sank, indem Einstürze in die Tiefe jene Lücken wieder ausfüllten, welche das Entweichen der Eruptionsstoffe in flüssiger und gasförmiger Gestalt bewirkt hatte, erhoben sich die niedrigen Bergzüge über den Spiegel der Gewässer. Wie weit es geschah, das beweisen die unverworfenen neptunischen Schichten, welche ihren Fuß umgeben. — Auf solche Weise ging der Wechsel von Hebung und Senkung im innigen Verbande gleichzeitig fort, und bewirkte nach und nach die Vereinigung der ersten, nahe gelegenen Inseln des Weltmeeres zu größeren langzackigen Eilanden, aus denen endlich, wenn auch die Wasser der Untiefen zwischen ihren Landzungen in neue Einstürze einen Abfluß gefunden hatten, das zusammenhängende, von Bergreihen mannigfach durchzogene Festland sich bildete.

Hebungen, die in den Gebirgen dieser Continente von Zeit zu Zeit einander folgten, veranlaßten ihr allmäliges schrittweises Größerwerden, und hoben in verschiedenen Pausen immer mehr Seegrund aus der Tiefe ans Tageslicht. Dabei dürfen wir von größeren, zwischen Hebungszügen eingeschlossenen Tiefen sehr wohl annehmen, daß sie mit Wasser gefüllt blieben, als das umgebende Festland schon trocken lag, und Seebecken im Innern der Continente darstellten, die noch mit ihren alten Bewohnern bevölkert waren und so lange sich erhielten, als die Wasser noch keinen Abfluß gefunden hatten. In diese Becken ergossen sich die süßen Gewässer der Hochgebirge, führten Gerölle mit sich, verflachten den Boden, wie sie deren Wassermassen durch Zuflüsse hoben, und bewirkten endlich, sei es durch Einschneiden, sei es durch Spalten, die das Wasser früher nicht erreichen konnte, oder die erst später entstanden, einen Abfluß, durch den die Becken sich langsam entleerten, den Zuflüssen allein, welche fortdauernde Nahrung fanden, die Bewässerung des Bodens überlassend. So entstanden lokale Schichten und lokale Niederschläge, die innerhalb gewisser Grenzen eingeschlossen natürlich außerhalb des Beckens nicht weiter vorkommen konnten, wohl aber mit anderen Schichten ähnlicher Becken gleichzeitig sich bildeten, ohne darum in der Materie und den Organismen mit ihnen übereinzustimmen. Zugleich liegt in der Art, wie das Festland entstand, die Möglichkeit einer fortdauernden Veränderung seiner Oberfläche, sei es durch neue spätere Hebungen, sei es durch Ueberfluthungen des dabei aufgeregten Meeres, sei es endlich durch Abwaschungen der aus ihren Kesseln hervorbrechenden Gewässer, oder durch Verwitterungen und Ausspülungen der stets mit der Höhe des Festlandes im Zunehmen begriffenen Flüsse und Seen. Namentlich waren es wohl kleinere Süßwasserseen, welche in den mittleren Theilen sehr vieler Flüsse, so weit sie im Hügellande ihren Lauf nehmen, sich gebildet hatten, denen die Erde in ihrer jetzigen Gestalt einen großen Theil des heutigen Ansehens verdankt. Manche dieser süßen Wasserbecken hingen früher nicht zusammen, sondern bestanden aus abgeschlossenen Mulden, deren Wasser nach und nach anwachsend endlich durch Auswaschung einen Ausweg fanden, sich in die tieferen unteren Seen ergossen, diese ebenfalls zum Uebertreten nöthigten, und so das vielfach gewundene Thal aushöhlten, in dem der heutige schmale Fluß ungehindert seinen Lauf fortsetzt. Demnach kann das Wassernetz eines Landes im Laufe der auf einander folgenden Perioden seiner Erhebung wesentliche Veränderungen erlitten, und selbst ein mächtiger Strom nach der jüngsten Tertiärperiode seinen Lauf verändert haben, wie dies namentlich von der Weser keinem Zweifel unterliegt (S. 23). Dieser Fluß folgte wahrscheinlich früher dem Thale zwischen der Weserkette und dem Teutoburger Walde, in welchem jetzt die Werre und Haase fließen, jene nach Osten zur Weser sich wendend, diese nach Westen zur Ems. Nur 90 Fuß brauchte sein Wasserspiegel zu steigen, so war die Scheide beider Flüsse des Thales überschritten und die

Wasser der Weser flossen mit der Haase zur Ems; ein Verhältniß, das in der That früher stattgefunden zu haben scheint. Damals fehlte der Durchbruch in der mehrere hundert Fuß hohen Weserkette, welchen die Porta westphalica bildet, und erst als dieser entstanden war, nahm die Weser durch ihn ihren Lauf. Wie er entstand, ist freilich nicht mit Gewißheit zu ermitteln, schwerlich aber durch bloße Auswaschung des seeartig vor ihm aufgestauten Flusses allein, da der Durchschnitt viel höher beginnen mußte, als das Wasser im Thale jemals gestanden haben kann. Hier dürfte eine ursprüngliche oder später bei nachfolgenden Revolutionen gebildete Querspalte im Höhenzuge der Weserkette die erste Veranlassung des Durchbruchs gewesen sein. Dies eine Beispiel möge statt vieler ähnlicher genügen, die Richtigkeit der aufgestellten Lehre zu erläutern und die Wahrheit jener Aeußerung Ritter's[6]) zu bethätigen, daß wiederholte Veränderungen im Wassernetze des anfänglich durch vulkanische Kräfte ungleich emporgehobenen Festlandes wesentlich zur Ausbildung seiner heutigen Beschaffenheit beigetragen haben.

16.

Perioden der Schöpfung.

Die Mittheilungen der vorigen Abschnitte wollten es versuchen, meinen Lesern ein Bild von der Gestaltung des Erdkörpers an sich und den Revolutionen zu entwerfen, die ihn im Laufe seiner Entwickelungsphasen veränderten. Wie unvollkommen dieses Bild auch sein mag, und wie wenig genügende Aufschlüsse es Denen vielleicht gewährt, welche an herrschende Traditionen gewöhnt, eine kurze Angabe der einzelnen auf einander folgenden Perioden in strenger Scheidung erwarten mochten; so viel dürfte Allen aus meiner Darstellung sich ergeben haben, daß der Entwickelungsgang nicht nach Jahrtausenden übersichtlich bemessen werden kann, und die Gegenwart mit ihrem historischen Alter, wollen wir selbst der jüdischen Aera folgen, immer nur als ein Minimum jenes Zeitraumes zu betrachten ist, auf den die nachweisbaren Umänderungen der Erdoberfläche hindeuten. Denn lange vor Eintritt des gegenwärtigen Zustandes hat es Verhältnisse

6) Vergleiche dessen Erdkunde I Bd. S. 68 u. f. — Kürzlich hat Girard eine solche Aenderung auch im Lauf der Oder nachgewiesen, und dargethan, daß dieser Fluß früher durch das Sprecthal in die Havel sich ergoß, im havelländischen Bruch fortsetzte, dadurch in die untere Havel gelangte und so mit der Elbe in die Nordsee abfloß. Vielleicht lief in ähnlicher Weise damals die obere Elbe mit der Aller zur Weser, und gleichzeitig die Weser wirklich mit der Werre und Haase zur Ems. (Vergl. Monatsbericht der Berliner geogr. Gesellsch. Jahrgang 1844. S. 122.)

gegeben, die den heutigen analog waren, davon überzeugen uns die untergegangenen Geschöpfe; aber selbst in diesem bei weitem größeren Zeitraum ihrer Bevölkerung durch lebendige Wesen hat die Erde wohl nur den kürzern Theil ihres ganzen Daseins vollbracht. Auf jeden Fall ist aber das Auftreten lebendiger Geschöpfe ein wichtiger Wendepunkt in unserer Geschichte und ihr Erscheinen der Beginn einer Periode, deren Beziehungen zur Gegenwart wie zum Zeitraum vor derselben am besten als die Geschlechtsreife des jugendlichen Planeten bezeichnet werden kann, der dann später das wahre Mannesalter durch allmäligen Uebergang sich anschloß. Müssen wir demnach darauf verzichten, die Schöpfungsperioden, gleich den Abschnitten der Weltgeschichte, nach Jahrtausenden zu bestimmen, so dürfen wir doch vielleicht nach anderen Momenten Hauptabschnitte feststellen, und in dieser Beziehung würde das Auftreten der organischen Welt auf der Oberfläche unseres Planeten einen wichtigen und bedeutungsvollen Markstein zwischen der m y t h i s ch e n und g e s ch i ch t l i ch e n Vorzeit unserer Erde abgeben. Alles, was über diesen Zeitpunkt hinausreicht, beruht auf Hypothesen, Muthmaßungen und Theorien, deren Begründung durch faktische Thatsachen kaum möglich ist, und also füglich mit jenen Zeiträumen historischer Darstellungen verglichen werden kann, in denen der Forscher mühsam und gleichsam nur ahnend aus sagenhaften Ueberlieferungen den wahren Thatbestand zu entwickeln sucht, indem er die Mythen ihres schönsten Schmuckes, der Dichtung, beraubt und sie auf den wirklichen nackten Inhalt zurückführt. So müssen auch wir mit den Schöpfungsmythen verfahren, welche der von jeher über seinen Ursprung, wie über seine Zukunft, gleich besorgte Mensch nach den Verschiedenheiten nationaler Anschauungsweisen sich gebildet hat. Die e r s t e m y t h i s ch e Periode der Schöpfungsgeschichte umfaßt also die ganze Zeit von der Entstehung der Erde aus der chaotischen Mischung des Weltalls bis zur Bildung des organischen Lebens auf ihrer Oberfläche, und dehnt sich mithin über einen Zeitraum aus, der allein schon viel größer sein muß, als der spätere, jüngste, von der Entstehung der ersten Menschen bis zur Gegenwart reichende, auf welchen die Mythen das Alter der Erde zu beschränken pflegen. — So wünschenswerth es daher auch sein mag, die erste große Periode nach den einzelnen Entwickelungsphasen in untergeordnete Abschnitte zu theilen, so müssen wir doch auf eine solche Scheidung wohl für immer verzichten, da es uns durchaus an Anhaltepunkten dazu fehlt. Dürfen wir also auch den vorgetragenen Entwickelungsgang durch allmälige Erkaltung als den wahrscheinlichsten ansprechen, so können wir doch nicht angeben, in welcher bestimmten Succession auf einander die einzelnen Schichten sich bildeten; wann die Entstehung der krystallinischen Materien anzunehmen sei, welche wir als die äußerste feste Rinde in jener Zeit ansprechen, und wie lange Zeiträume erforderlich waren, um nach ihrer Entstehung die Festwerdung des Wassers in tropfbarer Form zu gestatten. Daß dazu eine Abkühlung der Oberfläche

bis + 80° Reaum. eintreten mußte, ist keineswegs, wie wir oben (S. 137) sahen, nothwendig, vielmehr konnte der Druck aller in dem peripherischen Gasraume enthaltenen Dämpfe sehr wohl die untersten Schichten schon tropfbar machen, während die feste Rinde noch heißer als 80° war; dann mußte das entstandene Wasser selbst eine viel höhere Temperatur annehmen und sogleich wieder in Dampfform sich verwandeln, wenn der Druck der Gase über ihm im Geringsten nachließ, was durch fortschreitende Compression der untersten Schichten denkbar wäre. Beide Gewalten standen sich also fortwährend hemmend gegenüber, und bewirkten für die gasförmige Atmosphäre eine solche Anhäufung von Wasserdämpfen in ihr, daß sie unsern dicksten Nebeln noch an Consistenz überlegen war, mithin den von der Sonne ausgehenden Lichtstrahlen vielleicht noch gar keinen Durchgang verstattete. Tiefe Finsterniß deckte damals, als der glühende Fluß im Innern kein Licht mehr ausstrahlen konnte, die Oberfläche unseres Planeten und hinderte eben so sehr, wie die Hitze, welche zur selbigen Zeit an der Grenze seiner tropfbaren und flüssigen Materie noch herrschte, die Entstehung organischer Wesen. Wir kommen also auch von dieser Seite her zur Annahme zurück, daß organisches Leben erst entstand, als die Erde ihrer heutigen Beschaffenheit sich genähert hatte, und bereits alle die wesentlichen Eigenthümlichkeiten besaß, welche ihren dermaligen Charakter als Himmelskörper ausmachen.

Beginnen wir mit diesem Zeitpunkte die zweite große Periode der Schöpfung, so finden wir beim Eintritt derselben unsere Erde in ihren wichtigsten materiellen Verhältnissen vollendet; sie hatte eine klarere Atmosphäre, durch welche die Sonne mit ihren belebenden und erquickenden Strahlen sich verbreiten konnte; sie hatte einen Ocean, den Organismen bevölkerten, deren Eigenthümlichkeit von den heutigen in keinem Hauptcharakter wesentlich verschieden war; sie hatte auch schon hervorragende Inseln mit Bergzügen und Thälern, auf denen eine der heutigen Pflanzenwelt zwischen den Tropen ähnliche Vegetation wucherte; aber sie hatte keine luftathmenden Rückgratthiere, keine Vögel, keine Säugethiere und noch viel weniger Menschen. Eine solche Organisation hat sich nicht bloß nach allen späteren Umwälzungsepochen aufs Neue gebildet, sondern auch in immer edleren Formen wieder erzeugt, zugleich aber erst nach und nach jene Differenz der Zonen entwickelt, welche die Gegenwart selbst von den allerjüngsten Epochen, die ihr vorangingen, so merkwürdig unterscheidet. Hierüber läßt die Vergleichung der vorweltlichen Organismen mit den gegenwärtigen keinen Zweifel. — Die Zonenunterschiede in gegenwärtiger Zeit sind abhängig von der Stellung der Erde zur Sonne, von der schiefen Neigung der Achse, um welche sich die Erde täglich dreht, gegen die Ebene der Bahn, in welcher sie um die Sonne läuft, und endlich zum Theil auch von der elliptischen Form der Bahn selbst. Um daher jene Unterschiede der Zonen in früheren Jahrtausenden begreiflich zu machen, suchte man ein an-

deres Stellungsverhältniß der Erde zur Sonne nachzuweisen, konnte indeß dafür keine entscheidenden Gründe ausfindig machen, ja selbst bei dieser Annahme die früheren Zustände keineswegs genügend erklären. Deshalb ist man neuerdings von Hypothesen, welche die Beziehung der Erde zur Sonne im Laufe der Schöpfung ändern oder die Ursachen und Wirkungen einer solchen Aenderung begreiflich machen wollten, wieder zurückgekommen, und hat sich bei dem unabweislichen Resultate beruhigt, daß die Erde noch heute nach denselben ewigen Gesetzen wandelt, nach welchen sie von Anbeginn ihrer Individualität als Weltkörper sich bewegt hat. —

Die Abnahme der Temperatur auf der Oberfläche der Erde, wenigstens in den gemäßigten und kalten Zonen, woselbst sie im Zusammenhange mit den wiederholten Umwälzungen sicher eingetreten ist, bedarf also zu ihrer Erklärung einer andern Ursache, und eine solche scheint sich ganz natürlich in dem fortschreitenden Erkaltungsproceß nach Entstehung der Organisation darzubieten. Diese fortschreitende Erkaltung, welche allerdings die wahrscheinlichste Annahme zur Erklärung des in Rede stehenden Unterschiedes sein dürfte, ist auf mehrfache Art zu denken, und muß deshalb etwas ausführlicher besprochen werden. Zunächst würde die Nothwendigkeit derselben bald nach Entstehung der Organisation geradezu bewiesen sein, wenn sich ein langsames Kälterwerden noch während des historischen Alters der Erde darthun ließe. Ein solches könnte aber nicht bloß aus direkten Beobachtungen der Temperatur, woran es fehlt, abgeleitet werden, sondern auch aus den Bewegungen der Erde. Gesetzt nämlich, sie kühlte sich fortdauernd mehr ab, so würde ihre Materie immer dichter, ihr Volumen oder ihre räumliche Ausdehnung aber zugleich kleiner. Dadurch müßte die Achsendrehung der Erde beschleunigt, die Zeit also, in welcher sich die Erde um ihre Achse bewegt, verringert werden, und der Tag jetzt kürzer sein, als früher. Nun haben wir aber sehr genaue Beobachtungen über die Dauer des Tages aus dem Jahre 140 v. Chr., welche der Astronom Hipparch zu Alexandrien anstellte, denen zu Folge sich der Tag auch nicht um den hundertsten Theil einer Secunde während beinahe 2000 Jahren geändert hat, mithin die Umdrehungszeit dieselbe blieb, also auch die Erde sich während dieser 2000 Jahre nicht mehr abkühlte. Findet heutiges Tages wirklich noch ein Verlust von Wärme durch Ausstrahlung aus der Tiefe statt, so ersetzt denselben die Bestrahlung der Erde durch die Sonne, und beide Verhältnisse sind nunmehr seit mindestens 2000 Jahren zu einem solchen Grade der Ausgleichung gelangt, daß ein Wärmeverlust auf der Erdoberfläche durch Ausstrahlung in den Weltraum nicht mehr eintreten kann. Wenn also die Erde, und wahrscheinlich schon seit der letzten Umwälzungsepoche, keine Wärme mehr verliert, warum sollte ein solcher Verlust in früherer Zeit, seit sie sich in denselben Beziehungen zur Sonne befindet, stattgefunden haben? Diese Frage ist zu wichtig für die Entwickelungsgeschichte der Erde, als daß wir sie übergehen dürften. Zunächst

könnte man zur Beantwortung derselben annehmen, daß die neptunischen Schichten noch nicht so zahlreich waren wie jetzt, und eben deshalb der von unten aufsteigenden Wärme einen leichteren Durchweg verstatteten. Allein die geschichteten Niederschläge sind keine neuen Produkte, welche von außen her den früheren hinzugefügt wurden; sie sind Verwitterungen älterer normaler und abnormaler Gesteine, die bereits an einer anderen Stelle und in einer anderen Form als Rindenbestandtheile des Erdkörpers vorhanden waren. Derselbe konnte also durch neue Schichten weder größer werden, noch seine Rinde dicker, da mit dem Auftreten späterer Straten nur eine Versetzung der Materie von einer Stelle an eine andere verbunden war. Es ändert sich dabei weder die Dicke noch die Größe der Rinde im Ganzen, sondern bloß an einzelnen Stellen, und wo das Wasser neu entstandene Tiefen fand, da senkte es sich in dieselben und glich die Unebenheit wieder aus. Viel wahrscheinlicher ist es dagegen, daß die Durchbrüche der plutonischen Materien nach außen es waren, welche die allmälige Abnahme der Temperatur mit sich führten. Diese Durchbrüche fanden seit den ältesten Zeiten her statt; anfangs, wie es scheint, als Wirkungen des mit dem fortschreitenden Erkalten gleichmäßig zunehmenden Druckes der äußersten schon festen Schichten auf die noch in der Tiefe steckenden flüssigen Stoffe, später und zumal seit Entstehung wässeriger Niederschläge, als Hebungen eingepreßter, durch die höhere Temperatur in der Tiefe expandirter Dämpfe; — sie wiederholten sich, wie wir gesehen haben, in allen Perioden, nach und nach in lokaler Intensität zunehmend, an allgemeiner Verbreitung aber verlierend, bis sie zu dem Grade der Ausgleichung gekommen sind, welcher wiederum die Gegenwart vor den früheren Perioden auszeichnet. Es leidet nun keinen Zweifel, daß vor den Durchbrüchen alle Wärme, welche die annoch geschmolzenen plutonischen Massen in dieser Qualität erhielt, dem Erdkörper im Ganzen zukam, also auch eine höhere Temperatur desselben bewirken mußte. Die emporgehobenen plutonischen Massen entzogen durch ihre langsamere und, wie Beobachtungen nicht unwahrscheinlich machen, wohl Jahrtausende fortdauernde Wärmestrahlung der Erde einen Theil ihrer Hitze; allein sie wirkten zugleich erwärmend auf die Atmosphäre in ihrer Nähe, und erhielten in ihr einen gleichmäßigen tropischen Zustand. Auf solche Weise wurde der Wechsel der Zonen, wie ihn die Gegenwart darbietet, so lange noch jene großartigen Durchbrüche von unten erfolgten, um so weniger möglich gemacht, als die von Organismen bevölkerten Theile der Erde damals einen ungleich kleineren Raum einnahmen, anfangs bloß in Inseln unmittelbar um jene erhobenen, glühendheißen Massen bestanden, und erst nach und nach, als die Hebungen zunahmen, sich vergrößerten. So konnte denn füglich alles hervorragende, von organischen Wesen bevölkerte Land eine höhere, gleichmäßige Temperatur und einen tropischen Charakter besitzen, ja es konnte denselben durch diese ganze Periode, so lange noch bedeutende Gebirgserhebungen stattfanden, beibehalten, wie es

die auf uns gekommenen Reste dieser Geschöpfe wahrscheinlich machen. Was früher von Island als historische Ansicht erwähnt wurde, das gilt faktisch für den ganzen Erdkörper während der zweiten großen Schöpfungsperiode; er erkaltete in derselben langsam weiter fort, weil durch die heftigen und großartigen Durchbrüche von unten ihm ein nicht unbedeutender Theil seiner Hitze entzogen wurde, erhielt aber durch diese Hitze, so lange ihre Ausstrahlung in die Atmosphäre fortdauerte, den tropischen Charakter und die allgemeine gleichmäßige Temperatur auf der ganzen bewohnten Oberfläche. Dieses Verhältniß hörte auf, sobald die letzten großartigsten Durchbrüche erfolgt und ihre Wärmemengen durch Erkaltung in dem Weltraum verloren gegangen waren, und nun stellte sich nach und nach jenes Mittel der Ausstrahlung von unten und Bestrahlung durch die Sonne von außen ein, welches die Gegenwart von jener zweiten Periode der Erdbildung unterscheidet. Wir hätten schon hierin einen hinreichenden Grund, an diese zweite Periode die wesentlich veränderte Gegenwart als dritte anzureihen, indem wir sie von ihr physikalisch durch den so merkwürdigen Zonenunterschied, wie physiographisch durch das Auftreten des Menschengeschlechts unterscheiden. Daß der Mensch nicht vor der letzten Umwälzungskatastrophe die Erde bewohnt habe, ist schon früher mehrmals berührt worden, und wird weiterhin am Schlusse noch ausführlicher dargethan werden.

Die dritte große Periode der Schöpfung beginnt also mit dem Eintritt der Zonenunterschiede und dem Erscheinen des Menschengeschlechts auf der Erdoberfläche; sie reicht von da bis in die gegenwärtige Zeit. Es ist die Periode der Ruhe und des Gleichgewichtes, der Stabilität und Vollendung, welche schon durch diese Charaktere den Stempel der Ewigkeit zu besitzen scheint. Ob derselbe ihr in der That zukomme und die Erde fortan keine gewaltsamen Revolutionen mehr zu erdulden habe, steht dahin, und scheint allerdings fraglich zu sein, wenn die Betrachtungen, welche wir jetzt anknüpfen müssen, ihren sichern Grund haben. — Mannigfache, schon an einer früheren Stelle (S. 246) besprochene Thatsachen schienen anzudeuten, daß der Uebergang von der vorhergehenden Periode durch ein auffallendes urplötzliches Sinken der Temperatur in der nördlichen Halbkugel eingeleitet wurde. Die Ursachen eines so schnellen Wechsels sind aus der Abkühlungstheorie nicht zu erklären; weshalb die ganze Lehre bei den Anhängern derselben vielfachen Widerspruch findet, und lebhaft von ihnen bestritten wird. Auch gestehe ich frei, daß ich mich nicht mit ihr befreunden kann; um so weniger, als es durchaus unmöglich scheint, eine nur einigermaßen genügende Erklärung für ein so sonderbares Phänomen entdecken zu können. Indeß hat die neuerlich erschienene Darstellung eines französischen Gelehrten [1]) es versucht, den Schleier zu lüften, welcher den Geologen und

1) Vergl. J. Adhemar, die Revolutionen des Meeres. Leipzig 1843. 8.

Physiographen bisher die Aussicht verhüllt haben sollte, und hat ihren Blick auf Verhältnisse gerichtet, auf welche sie, mit anderen Untersuchungen beschäftigt, weniger zu achten veranlaßt worden waren. —

Die vorgetragenen Thatsachen von der Stabilität der Erdwärme dürften beweisen, daß ein plötzliches Sinken der Temperatur bis zum Gefrierpunkte durch kein rein geologisches Phänomen sich erklären lasse; weshalb schon von selbst die Vermuthung sich aufdrängt, es möchte die Ursache, falls das Faktum wirklich eingetreten ist, in den Stellungsverhältnissen der Erde zu anderen Himmelskörpern und zunächst wohl zur Sonne begründet sein. Angeblich bietet dazu die von Westen nach Osten fortschreitende, wenn auch höchst langsame Drehung der großen Achse unserer Erdbahn eine Veranlassung dar. Auf die Lage dieser Linie stützt sich nämlich die jedesmalige Länge der Jahreszeiten, und ihre jetzige Stellung bringt es mit sich, daß gegenwärtig Frühling und Sommer der nördlichen gemäßigten Zone zusammen um sieben Tage länger sind, als Herbst und Winter; mithin am Südpol das umgekehrte Verhältniß stattfindet. Das gegenwärtige bleibt aber nicht so wie es ist, denn die Ursache desselben, die Stellung der großen Achse unserer Erdbahn, ändert sich, mithin auch die Folge davon; es wird vielmehr der Ueberschuß immer kleiner, bis beide Summen gleich groß sind; dann wächst die bisher kleinere, wird nach und nach die größere, und nimmt, sobald sie ihr Maximum erreicht hat, wieder ab. Der Cyclus dieses Wechsels beträgt beinahe 21,000 Jahre. Wenn nun eine solche Periode stattfindet, so muß der reinste Gegensatz des jedesmaligen Zustandes nach 10,500 Jahren eintreten, mithin in diesem Zeitraum das Verhältniß der beiden langen Jahreszeiten fortwährend sich verkleinern, während die beiden kurzen sich vergrößern; zugleich aber müssen im Laufe der anderen 10,500 Jahre die beiden ersten wieder wachsen, und die beiden anderen demnächst wieder schwinden. Die Beobachtungen der Astronomen haben nun gezeigt, daß der Zeitpunkt, in welchem Frühling und Sommer der nördlichen Halbkugel zusammen die größte Ausdehnung besaßen, in das Jahr 1248 fiel, als Friedrich II. aus dem Hause Hohenstaufen die deutsche Kaiserkrone trug. Damals waren unser Frühling und Sommer zusammen acht Tage länger, als unser Herbst und Winter; seit dieser Zeit aber haben beide Jahreszeiten zusammen an Länge abgenommen, Herbst und Winter sind dagegen gewachsen. Dies wird fortgehen bis zum Jahre 11,784 unserer Zeitrechnung, dann werden die beiden letzteren ihre größte Ausdehnung erreicht haben, wie sie eine solche bereits 21,000 früher, das heißt 9252 Jahre vor Christi Geburt besaßen. Zwischen beiden Grenzen wird es aber jedesmal einen Zeitpunkt geben, in welchem die beiden kalten den beiden warmen Jahreszeiten völlig gleich sind, und diese beiden Zeitpunkte werden von den beiden Extremen um 5250 Jahre entfernt liegen. War also im Jahre 1248 der oben bezeichnete größte Gegensatz vorhanden, so war ziemlich genau 4000 Jahre vor Christi Geburt dieser Zeitpunkt der völligen

Gleichheit eingetreten, und damals Frühling und Sommer zusammen genau eben so lang, wie Herbst und Winter zusammen. „Es ist merkwürdig," sagt Littrow bei dieser Auseinandersetzung, „daß die meisten unserer Chronologen die Zeit der Entstehung der Erde oder, wie man vielleicht angemessener sagen sollte, die Zeit der ersten Spuren des Menschengeschlechtes auf unserer Erde, in jene Epoche gesetzt haben[2])."

Kommen wir nun zu der Anwendung dieses Verhältnisses auf die Geologie und die Perioden der Erdumwälzung. Daß eine den Astronomen so bekannte Thatsache von den Geologen hätte übersehen werden können, ist nicht gut denkbar, auch keineswegs der Fall; vielmehr haben sich schon mehrere darauf bezogen[3]). Allein die Anwendung, welche davon gemacht wurde, ergab kein genügendes Resultat, weil man glaubte, die größere Nähe, in welcher sich die Erde während des Frühlings und Sommers der südlichen Halbkugel zur Sonne befindet, müßte den Einfluß eines längern Frühjahrs und Sommers der nördlichen Halbkugel wieder ausgleichen, weil sich alsdann die Erde in der Sonnenferne befindet. Hiegegen ist aber von Adhemar eingewendet worden[4]), daß es nicht auf die Quantität Wärme ankomme, welche die Erde empfängt, sondern auf die, welche sie behält. Da nun am Südpol die Nächte während des Winters so gut länger sind, wie am Nordpol, und zugleich der Südpol jetzt einen längeren Winter hat, als der Nordpol, so folgt daraus eine größere Zahl von Nachtstunden im Vergleich mit der Menge von Tagesstunden für den Südpol; während es am Nordpol umgekehrt sein wird. Demnach strahlt der Südpol, wenn er gleich nicht weniger Wärme an den Tagen erhalten dürfte, als der Nordpol, doch während der längeren Nächte mehr aus, und seine mittlere Temperatur ist deshalb gewiß niedriger als die des Nordpoles, so lange er in der Stellung, wie jetzt, verbleibt. Das wird er aber nur bis zum Jahre 6500 unserer Aera, um welche Zeit Frühling und Sommer eben so lang sind wie Herbst und Winter; nach diesem Jahre werden Frühling und Sommer der südlichen Halbkugel wachsen und größer werden, als Sommer und Winter derselben Hemisphäre, während auf der nördlichen Halbkugel das umgekehrte Verhältniß eintritt. Was also jetzt für den Südpol gilt, wird dann für den Nordpol gelten, sein Polareis, welches aller Wahrscheinlichkeit nach schon jetzt langsam wachsend allmälig zunimmt, da wir die Zeit der größten Wärme für unsere Halbkugel bereits überschritten haben, wird nach dem Jahre 6500 immer mehr zunehmen und gegen 11,750 unserer Zeitrechnung seine größte Ausdehnung erreichen. Dasselbe Verhältniß fand im Jahre 9250 vor Beginn unserer Aera statt, und be-

2) Die Wunder des Himmels. S. 193.

3) R. Philipps, über die nächsten Ursachen der materiellen Erscheinungen des Universums. Aus dem Englischen. Stuttg. 1826. 8.

4) A. a. O. S. 19.

zeichnet also diejenige Epoche, wo nach der Behauptung einiger Geologen eine ungeheure Eiskruste die ganze nördliche Halbkugel bis wenigstens zum 60° der Breite hin bedeckte.

Die soeben mitgetheilten Betrachtungen Adhemar's scheinen ihm nun eins der merkwürdigsten geologischen Probleme, den Ursprung der angeblichen Eismassen vor Beginn der gegenwärtigen Epoche, auf eine natürliche Weise zu erklären und deshalb für entschiedene Resultate zu gelten. Ihre weitere Verfolgung hat ihn indeß zu noch anderen Aufschlüssen geführt, die hier ebenfalls eine Erwähnung finden mögen. Eismassen von einer Ausdehnung, wie die eben angedeutete war, haben natürlich auch eine entsprechende Dicke, und erreichen, selbst wenn sie anfangs auf dem Wasser schwammen, den Boden des Meeres [5]). Ist dies geschehen und dauert zugleich ihre Vergrößerung fort, so wird bei der auffallenden Ungleichheit der Eismassen an beiden Polen auch das Gleichgewicht zwischen ihnen gestört und der Schwerpunkt der Erde der größeren Masse genähert. An dieser Verrückung des Schwerpunktes aus dem Centrum nehmen aber, um das Gleichgewicht wieder herzustellen, alle beweglichen Massen der Oberfläche Antheil, vor allen das Wasser des Oceans; es zieht sich von der Seite, wo die geringere Eismasse sich befindet, gegen die Seite der größeren, und legt dadurch das Land in der Nähe jener trocken, während es dasselbe in der Nähe hier bedeckt. Gegenwärtig, wo sich die größere Eismasse am Südpol befindet, ist daher der Nordpol fast überall von Festland umgeben, und die Umrisse der hauptsächlichsten Continentalmassen spitzen sich gegen den Südpol sichtlich zu, weil die Tiefe des Meeres nach ihm hin immer wächst, mithin immer weniger Land über seine Oberfläche hervorragen kann. Dies Verhältniß dauert aber auch nur seine Zeit, dann wird sich die Masse des Eises am Nordpol vergrößern, während die des Südpoles anfängt zu erweichen und abzuschmelzen. Hat diese Erweichung ihren höchsten Grad erreicht, so zerbricht die Masse in sich, es tritt Eisgang ein, und der Schwerpunkt geht plötzlich auf die Seite des andern Poles über, wobei die Wasser des Südpoles gegen den Nordpol stürzen, die Umgebungen desselben unter ihrem Spiegel begrabend. Alsdann bedeckt eine plötzlich hereingebrochene allgemeine Fluth die Ebenen der nördlichen Halbkugel, spült die auf ihrem Boden bisher angesessenen organischen Geschöpfe gegen den Pol und hüllt sie mit in die großen Eismassen ein, welche die Gegenden hier bedecken.

So weit haben wir unsern Lesern die Ansicht von Adhemar mitgetheilt, ohne sie durch Einwürfe zu unterbrechen; wir wollen nun die letzteren hören. Wäre nämlich jene Ansicht richtig, so ginge unsere gegen-

---

5) Man kann annehmen, daß von einem schwimmenden Eisberge höchstens ein Achtel über dem Wasserspiegel sich befindet, also sieben Achtel unter ihm; zu großen Eisbergen gehört also eine sehr bedeutende Meerestiefe, wenn dieselben noch im Wasser schwimmen sollen. —

wärtige Epoche einem unfehlbaren Untergange, der gegen das Jahr 6500 eintreten müßte, entgegen, und in diese Zeit hätten wir also, wenn auch nicht das Ende der Welt, doch das Ende der jetzigen Menschheit zu setzen. Daß diese trostlose Zukunft meinen Gefühlen widerspreche, hatte ich schon in der ersten Ausgabe eingestanden; ich hatte vielmehr die Hoffnung ausgedrückt, daß der Fehler in der Schlußreihe bald von Physikern aufgedeckt werden möge, meine eigenen Bedenken annoch zurückhaltend. Inzwischen ist nun eine solche Erörterung gegeben worden[6]; man hat sich überzeugt, daß die Ungleichheit der Eismassen zu geringe sei, um ein so bedeutendes Phänomen zu bewirken; man hat ferner darauf hingewiesen, daß der höchste Kältepunkt nicht gerade auf den Pol selbst falle, sondern nur in dessen Nähe, daß also, weil das meiste Eis nicht am Pole, vielmehr in der Nähe des größten Kältegrades entstehen müßte, der Schwerpunkt nur in der Richtung auf diesen höchsten Kältepunkt hätte verrückt werden können, damit aber eine Verschiebung der Umdrehungsachse des Erdkörpers verbunden gewesen wäre, und eine solche allen anderen wissenschaftlichen Resultaten widerspreche. Weiter möchte ich noch hinzufügen, daß, selbst wenn jene beiden Einwürfe die Zulässigkeit der Adhemar'schen Hypothese nicht schon beseitigt hätten, sie das fragliche Phänomen der gewaltsamen Wasserversetzung von einem Pole zum andern nur dann erklären würde, wenn man zugiebt, daß die erweichte größere Eismasse plötzlich zertrümmert worden sei. Eine solche plötzliche Zertrümmerung konnte allein eine plötzliche Wasserversetzung bewirken; während ein langsames Abschmelzen und Kleinerwerden des Eises, dessen Nothwendigkeit ich nur einsehe, kein gewaltsames Zerbrechen, also auch keinen Eisgang, wie Adhemar sich ausdrückt, herbeiführte. Endlich hat man als Einwurf gegen Adhemar nicht zu übersehen, daß die letzte Wasserversetzung vor der jetzigen Epoche, wenn sie eine Folge der von ihm aufgestellten Ursachen gewesen ist, von Norden nach Süden strömen mußte, viele geologische Erscheinungen es aber wahrscheinlicher machen, daß das Wasser während der Diluvialepoche gegen den Nordpol hin abgeflossen sei. Um diesen Einwand gehörig zu würdigen, muß man nicht außer Acht lassen, daß zwar die Verbreitung der erratischen Blöcke eine sehr bedeutende Ausdehnung des nordischen Gewässers nach Süden hin darthut, aber die rückschreitende Bewegung desselben nach Ablauf der Diluvialperiode keineswegs südwärts strömte, sondern nordwärts. Es scheinen daher physische, astronomische und geologische Thatsachen auf gleiche Weise die Zulässigkeit der Adhemar'schen Hypothese in der von ihm aufgestellten Weise zu verbieten, und somit die Stabilität der gegen-

6) Bei der 23. Versammlung der deutschen Naturforscher zu Bremen wurde dieselbe, von Hrn. v. Bruchhausen der Versammlung schriftlich vorgetragene, Ansicht ausführlich besprochen und untersucht. Siehe deren: Amtlichen Bericht u. s. w. S. 35.

wärtigen Erdepoche zu beweisen. Denn sollte auch wirklich eine periodische Wasserversetzung von Norden nach Süden oder in umgekehrter Richtung jemals stattgefunden haben, so konnte sie nur langsam, wie alle periodischen Schwankungen, eintreten, mithin keine gewaltsame Umwälzung herbeiführen. Ein langsames Steigen und Fallen der Wassermasse an den Polen mag aber immerhin erfolgen, es wird nie ein drohendes Ereigniß für das Menschengeschlecht werden können, sondern höchstens an den Küstengebieten der Continente kleine Niveauveränderungen hervorbringen.

Das ganze, jetzt genugsam erörterte, Verhältniß, welches auf den heutigen Verschiedenheiten der Zonen beruht, würde übrigens nur für die dritte Hauptperiode der Schöpfung Geltung gewinnen, weil in den früheren die zur Einleitung desselben erforderlichen Zonenunterschiede noch nicht in dem Grade vorhanden waren. Wir könnten also aus der periodischen Wasserversetzung von einem Pol zum andern, welche in Grenzen von 10,500 Jahren schwanken würde, keineswegs die Entstehung der früheren neptunischen Niederschläge ableiten, sondern müßten bei der mehrmals erwähnten Ansicht beharren, daß stets erneute Durchbrüche plutonischer oder vulkanischer Massen es waren, welche die Wasserversetzungen innerhalb der zweiten Schöpfungsperiode veranlaßten, und die Entstehung der wässerigen Niederschläge einleiteten. —

Was endlich die Eintheilung dieser zweiten Hauptperiode in untergeordnete Abtheilungen betrifft, so haben wir schon früher bei Darstellung der auf einander folgenden neptunischen Schichten innerhalb derselben die Unmöglichkeit eingesehen, aus den Schichten selbst die Merkmale für eine solche Eintheilung herzuleiten; wir haben deshalb uns mehr für die Beachtung der organischen Beischlüsse, als für die anorganischen Bestandtheile der Schichten zur Bestimmung der Unterschiede entscheiden müssen, und werden auch jetzt kein anderes Resultat erwarten dürfen. Ueberblicken wir aber die Organisation während der ganzen zweiten Hauptperiode, und vor allen die thierische, als die edlere und höhere Formenreihe, im Allgemeinen, so scheinen sich zu einer ferneren Eintheilung des Entwickelungsganges der Schöpfung während derselben allerdings genugsame Data zu ergeben. Als ein erster und wichtigster Gegensatz dürfte das Fehlen oder Vorhandensein luftathmender Rückgratthiere zu betrachten sein, und da dieselben nicht tiefer als in den obersten Schichten der Kohlenformation vorkommen, so läßt ihr erstes Auftreten an dieser Stelle einen Hauptwendepunkt des organischen Charakters vermuthen. Alles, was an Organismen unter jenem Niveau sich findet, ist der Gegenwart, wenn auch nicht ganz fremd, doch höchst unähnlich, und besitzt namentlich in der Pflanzenwelt einen so entschieden tropischen Charakter, daß es durchaus gerechtfertigt zu sein scheint, mit dem Kohlengebirge eine erste Unterabtheilung der zweiten Hauptschöpfungsperiode abzuschließen, und sie nach den vorherrschenden

Rückgratthieren, den Fischen, als Periode der Fischorganisation zu bezeichnen. —

Die ersten luftathmenden Rückgratthiere, nämlich Amphibien, erscheinen unmittelbar über den Kohlen, werden im bunten Sandstein häufiger und erreichen im Jura ihr Maximum. Hier finden sich auch Spuren von Säugethieren, jedoch nur in einer einzigen Schicht; sie bedingen durch ihr spärliches Auftreten und ihren gänzlichen Mangel in der Kreide eine gewisse Monotonie der höheren Organisation, welche jedoch durch eine Anzahl höchst eigenthümlicher, den Säugethieren und Vögeln zum Theil analoger Amphibienformen wieder ausgeglichen wird. Das Vorherrschen dikotyledonischer Gewächse erhöht diese Eigenthümlichkeit. Ich erkenne daher in der Trias, Jura- und Kreideformation eine zweite Unterabtheilung der zweiten Periode an, welche durch das gleichzeitige Beisammenleben den gegenwärtigen Formen höchst ähnlicher und höchst unähnlicher Bildungen merkwürdig ist, und nach dem Vorherrschen der Amphibien: Zeitraum der Amphibienorganisation genannt werden kann.

Eine dritte, durch die zum Theil spezifische Uebereinstimmung lebender und untergegangener Formen ausgezeichnete, dadurch von den beiden früheren durchaus verschiedene Periode umfaßt die Tertiärformationen in sich. Während derselben hat die Erde ihre merkwürdigen, paradoxen Formen der Vorzeit bereits verloren, mehr und mehr, namentlich in der Pflanzenwelt, ihren entschieden tropischen Charakter abgelegt, und sich der Gegenwart so genähert, daß sich für alle Haupttypen der thierischen Geschöpfe Analoga in ihr nachweisen lassen und nie mehr jene Verbindung der Eigenthümlichkeiten zweier verschiedener Gruppen in eine angetroffen wird, welche im Jura besonders so höchst überraschend und räthselhaft ist. Die Tertiärgebilde sind also das wahre Uebergangsglied von der Vorzeit zur Gegenwart, und begreifen eine Epoche in sich, welche durch das Vorherrschen der Säugethiere nach ihnen Zeitraum der Säugethiere sich benennen läßt.

Analog würde die durch den Besitz des Menschen ausgezeichnete Gegenwart Zeitraum der Menschheit genannt werden können. —

17.

Organisation, ihr Wesen und ihre Bedingungen.

Die Frage aufzuwerfen, warum es organische Wesen auf der Erde überhaupt gebe, würde eben so ungereimt sein, wie eine Untersuchung über

die eigentlichen Gründe jedes materiellen Seins in der ihm bestimmten Form überhaupt; eine solche Erörterung liegt außerhalb des Gebietes wissenschaftlicher Forschungen, deren eigentlicher Boden es ist, das Wie der Erscheinungen, die vorliegen, aufzuklären, aber nicht zu beantworten, warum denn gerade diese und keine anderen Verhältnisse eingetreten seien. Wir haben es daher bei allen unseren Untersuchungen immer nur mit dem Begreifen der vorliegenden Erscheinungswelt zu thun, und fragen nach den Gründen, welche ihre Existenz und Fortdauer bewirken, aber nicht nach den uns stets unbegreiflich bleibenden Ursachen, warum sie gerade so und nicht anders entstanden. Daher begnügen wir uns auch mit dem unabweislichen Resultat, daß die Erde, sobald sie einen gewissen Grad der Ausbildung erlangt hatte, sich mit den Organismen bevölkern mußte, und schließen aus der ganzen typischen [1]) Uebereinstimmung dieser Organismen mit den heutigen auf analoge Verhältnisse in damaliger Zeit und auf ein Festhalten an denselben ursprünglichen, für alle organischen Wesen aufgestellten Ideen. —

Untersuchen wir diese Ideen oder typischen Grundgedanken zunächst im Allgemeinen, so finden wir in der organischen Natur, wie in der anorganischen, eine gewisse, jedem verschiedenen Dinge eigenthümliche, concrete Form [2]) als äußere Bestimmung seiner Individualität oder Persönlichkeit. Solche Formen sind aber keine willkürlich ausgedachten Gestalten, sondern Ableitungen einer oder mehrerer Urformen, welche sich jedesmal als genaue mathematische Schemata darstellen und durch Zahlenwerthe bestimmen lassen. Dieser Charakter ist für alle räumlich isolirten selbstständigen Individuali-

---

1) Man bezeichnet in der Naturgeschichte mit dem Ausdruck T y p u s die ideelle Form, welche jeder bestimmten (concreten) Gestalt zu Grunde liegt; für sich allein also nicht existirt, sondern ein bloßer Begriff ist. V o g e l t y p u s würde die Idee sein, nach welcher jeder Vogel gebaut ist; ein Sperling aber eine concrete Ausführung mit den besonderen Eigenthümlichkeiten, welche ihn von anderen Vögeln unterscheiden.

2) Die Form ist für jedweden Naturkörper nicht bloß die wesentliche Bedingung seiner Existenz, insofern derselbe erst dadurch, daß er eine bestimmte Form annimmt, wirklich in die Erscheinung tritt, z u r e x i s t i r e n d e n W a h r h e i t wird; sondern sie ist auch das a l l e i n V e r g ä n g l i c h e und Zerstörbare an ihm. Hört ein Naturkörper auf zu sein, stirbt eine Pflanze oder ein Thier, so verschwindet nur dies besondere Individuum als solches; seine Materie, die Stoffe, aus denen es sich aufgebaut hatte, gehen in die amorphe stoffliche Urform zurück, sie lösen sich auf im Wasser, oder in der Luft, oder fallen als feste Bestandtheile zu Boden. Denn die M a t e r i e s t i r b t n i c h t, sie geht nicht unter; sie ist vielmehr unzerstörbar und ewig; sie ist von Anfang an dagewesen, sie ist über alle zeitlichen Begrenzungen hinaus. Individuum freilich wird sie nur, wenn sie eine bestimmte Form annimmt; aber vorhanden ist sie schon vor dieser Form, wenn auch oft in anderer Art und anderer Mischung. Also kurz: aller scheinbarer Untergang ist nur eine formelle Umänderung, wobei bloß stofflicher Umsatz, keine absolute Neubildung oder Vernichtung von Materie, w e l c h e ü b e r h a u p t u n m ö g l i c h ist, stattfindet. Denn es geht nichts auf Erden verloren, was materiellen Gehalt hat; es ändert nur die Gestalt, unter welcher es früher bestand und wird formell ein Neues.

täten, welche wir Naturkörper zu nennen pflegen, derselbe, zugleich aber auch das einzige formelle Merkmal, welches sämmtliche Naturkörper mit einander gemein haben. Seine fernere Bestimmung ergiebt sofort den Unterschied, welcher zwischen den Formen der anorganischen und organischen Naturkörper stattfindet. Erstere, die anorganischen, sind nämlich nicht bloß dem Typus oder dem Schema nach mathematische Formen, sondern auch in ihrer ganzen Ausführung; mithin bloß von mathematischen Größen, von Flächen, Linien und Punkten begrenzt. Die organischen Naturkörper haben dagegen zwar ein mathematisches Grundschema, allein ihre äußeren Begrenzungen sind stets mathematisch unbestimmbare, wahrhaft eigenthümliche, mithin organische Flächen, und mathematische Linien fehlen an ihnen eben so gut, wie mathematische Punkte als Begrenzungsantheile. Darin liegt schon ein auffallender Gegensatz zwischen den Gestalten der anorganischen und organischen Naturkörper, aber keineswegs ihr einziger Unterschied, sondern es giebt noch zwei andere eben so durchgreifende Eigenthümlichkeiten, von welchen die erste eine materielle ist, und die andere eine funktionelle oder ideelle.

Materiell sind die anorganischen Naturkörper dadurch ausgezeichnet, daß ihre Bestandtheile sofort unter der concreten Form zusammenschießen, welche dem bestimmten Naturkörper, den sie bilden, zuertheilt wurde. Wir nennen diesen Bildungsakt den Krystallisationsproceß, und die Gestalten der anorganischen Naturkörper, abgesehen von ihrem materiellen Inhalt, Krystalle. Die organischen Naturkörper nehmen dagegen die Materie, aus welcher sie sich bilden, nie anders als unter der Form kleiner, räumlich isolirter Bläschen, welche wir Zellen nennen, in ihre Masse auf, und verwandeln jeden organischen Grundstoff in solche Zellen, ehe sie ihn an den verschiedenen Geweben, aus welchen sie sich aufbauen, Antheil nehmen lassen. Demnach sind, was die materiellen Unterschiede betrifft, die organischen Naturkörper durch und durch aus Atomen, räumlich isolirten Grundtheilchen, aufgebaut, also atomistisch gebildet; die anorganischen Naturkörper aber niemals, sondern durchweg homogen.

Der ideelle Unterschied beider Gruppen von Naturkörpern bezieht sich auf die Art ihrer Fortdauer in der ihnen zuertheilten Form. Alle anorganischen Naturkörper können die prätendirte Fortdauer nur durch eine vollständige Unveränderlichkeit in Form und Mischung behaupten, und bedürfen daher zu ihrer Existenz nothwendig das vollständigste Beharren in dem einmaligen ersten Zustande. Die Bedingung ihres Daseins als Naturkörper, die zeitliche Fortdauer, ist ihnen nur durch die Beharrlichkeit erreichbar, sie schwindet mit der Aenderung in Form und Mischung, und zieht ihren Untergang als Individuen nach sich. Wir können sie darum als beharrliche Naturkörper bezeichnen. — Die organischen Wesen verhalten sich gerade umgekehrt, insofern deren Fortdauer auf einen beständigen Verbrauch ihrer Mischungstheile, und eine Ergänzung des Verbrauchten

durch neue Stoffaufnahme gegründet ist. Sie verändern in Folge dieser Stoffaufnahme beständig innerhalb gewisser Grenzen ihre Form und ihre Materie, nehmen ab und zu an Masse und Gewicht, an Größe und Inhalt, und bewegen sich, als freiere Körper, selbstständiger in ihrer Daseinssphäre umher. Da hiermit eine beständige Veränderung, mithin eine Bewegung in sich, gegeben ist, so könnten sie als die veränderlichen Naturkörper definirt werden; noch bezeichnender aber heißen sie periodische (nach Fischer und Link [3]) oder cyklische [4]) Naturkörper, weil ihre Veränderung gewissen wiederkehrenden Phasen oder Perioden unterworfen ist. Die constante Periodicität beherrscht das Dasein aller organischen Naturkörper und schließt in ihrer Erscheinung alles das in sich, was wir an ihnen Leben und Lebendigkeit nennen. Der Tod ist die letzte Folge derselben, er gehört mit zu ihrem Begriff.

Indeß lassen sich die Unterschiede zwischen den anorganischen und organischen Naturkörpern, welche wir so eben auf drei wesentliche Grundmomente zurückgeführt haben, noch viel weiter verfolgen und im Einzelnen schärfer bestimmen. Wir wollen in dieser Absicht zunächst bei den materiellen Verschiedenheiten, als den ersten und ursprünglichen, verweilen, und deren Charakter etwas genauer untersuchen. Hier ist es nun bekannt und im Verlaufe unserer Betrachtung der massigen oder abnormen Gesteine vielfach berührt worden, daß die zahlreichen anorganischen Naturkörper, welche wir unter den Namen Quarz, Feldspath, Glimmer, Talk, Kalk, Gyps, Anhydrit, Hornblende und wie sie sonst noch heißen mögen, kennen lernten, nicht bloß der Form nach von einander abweichen, sondern noch viel mehr in der Mischung ihrer Bestandtheile. Wir fanden für jeden dieser eigenthümlichen Stoffe auch eine Eigenthümlichkeit in der materiellen Grundlage, und berücksichtigten bisher nur sie, als den wichtigsten Charakter. Sobald sich diese materielle Grundlage des anorganischen Naturkörpers ändert, ändert sich auch seine Form, und letztere scheint eben so sehr von der Mischung selbst, wie von äußeren Umständen abhängig zu sein, unter denen die Mischung sich zu bilden genöthigt war [5]). Dafür haben uns besonders die Qualitätszustände der Laven viel=

---

3) Propyläen der Naturkunde. Berlin 1836. 8. I. Band. S. 142.

4) Vergl. mein Handbuch der Naturgeschichte. I. Abthl. Berl. 1836. 8. S. 13.

5) Der Vollständigkeit halber müssen wir unsere Leser auf die scheinbaren Ausnahmen von der angegebenen Regel hinweisen, welche als Dimorphismus und Isomorphismus in der Chemie aufgeführt werden. Es giebt nämlich gewisse Stoffe (Kohlenstoff als Graphit und Diamant, Schwefel in zwei Krystallsystemen, kohlensaurer Kalk als Kalkspath und Aragonit), welche ohne materielle Aenderungen zu erleiden eine verschiedene Krystallform annehmen, je nachdem sie bei höherer oder geringerer Temperatur krystallisiren. Solche Stoffe nennt man dimorphe. Auf der andern Seite finden sich Körper, welche bei Ungleichheit der Grundstoffe gleiche Krystallformen besitzen; diese nennt man isomorphe. Die letzteren enthalten jedoch immer gleich viele Proportionaltheile (oder Atome) von ihren verschiedenartigen

fache Beweise geliefert, wir haben gesehen, daß schnell erkaltende Laven eine glasartige Form annahmen, daß nur in langsam erkaltenden die constituirenden Bestandtheile ihre krystallinische Gestalt erreichen konnten, und daß die Entwickelung der krystallinischen Beschaffenheit um so vollständiger und deutlicher erzielt wurde, je langsamer der Erkaltungsproceß vor sich ging[6]). Auch für die Abscheidung aus dem Wasser ergab sich dasselbe Resultat.

Vergleichen wir hingegen die Beziehungen, in welchen Form und Materie der organischen Naturkörper zu einander stehen, so zeigt sich in ihnen ein auffallender wesentlicher Unterschied. Nie ist hier die Materie zugleich das die Form bedingende Moment, sondern vielmehr umgekehrt die Form des Organismus ist das Wesentliche, dem die materielle Grundlage untergeordnet wurde. Daher bestehen alle organischen Naturkörper, was ihre wesentlichen Grundstoffe betrifft, aus denselben Elementen, aus Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff und Stickstoff, und wenn gleich früherhin allgemein das Fehlen des Stickstoffs in den Pflanzen und sein Vorwiegen im Thierkörper als materieller Unterschied beider Organismen angesehen wurde, so hat sich doch die Gegenwart vom Irrigen dieser Lehre überzeugt und erkannt, daß die Pflanzen in viele organische Produkte eben so gut Stickstoff aufnehmen, wie umgekehrt in den Thieren mancherlei Ma-

---

Grundbestandtheilen, sind also nicht bloß formell, sondern auch quantitativ auf gleiche Weise gebildet. Gewöhnlich giebt es ganze Reihen isomorpher Salze, unter denen wir nur die arseniksauren und phosphorsauren als eine, die selensauren, chromsauren und schwefelsauren als eine andere Reihe erwähnen wollen. Vergl. Th. Graham's Chemie, übersetzt von Otto. I. Bd. S. 297 ff. Braunschweig 1840. 8.

6) Den Mangel einer bestimmten Gestalt (Amorphie oder Amorphismus) haben wir schon früher (S. 62) als Folge einer schnellen Abkühlung bei Laven und Silicaten (S. 135) kennen gelernt. Die Amorphie scheint in diesen Fällen, wie überhaupt, durch eine Quantität Wärme bewirkt zu werden, welche der erstarrende Körper chemisch bindet, ohne sie dem Thermometer zu verrathen, weshalb man diese Wärme versteckt (latent) nennt. Vielleicht können ebendeshalb amorphe Körper mitunter schon krystallisiren, bevor sie schmelzen, wenn sie nur erwärmt werden; ja bei einigen scheint nicht einmal Erwärmung nöthig zu sein, die Krystallisation tritt langsam ein, wenn die latente Wärme allmälig aus dem Körper entweicht, oder durch irgend eine äußere Ursache ihm entzogen wird. Amorphe Körper wären demnach Stoffe mit einer gewissen Quantität latenter Wärme, die derselben Materie in krystallisirter Form fehlt. Mit dem Binden von latenter Wärme scheint es ferner im Zusammenhang zu stehen, daß amorphe Substanzen spezifisch leichter (nach Deville um 0,04) sind, als dieselben Stoffe im krystallisirten Zustande; weil man annehmen darf, daß auch die gebundene Wärme ausdehnend auf die Materie wirke. Ebenso betrachtet man auch den Dimorphismus als eine Krystallisation mit oder ohne latente Wärme; welche Ansicht durch die Thatsache sehr unterstützt wird, daß dimorphe Körper die eine oder die andere Krystallform annehmen, je nachdem sie bei hoher (mit latenter Wärme) oder niedriger Temperatur (ohne latente Wärme) fest werden. Schwefel und Kalkspath lassen sich auf solche Weise gleichzeitig in je zwei Krystallformen darstellen. (Mitscherlich, Lehrbuch der Chemie. §. 55 ff.)

terien ohne Stickstoffgehalt angetroffen werden. Diese Stoffe bilden überall die Grundlage der organisirten, durch die bereits ausgesprochene Zellenbildung hindurchgegangenen Materie, indem sich dieselbe zunächst immer zu eigenthümlichen klaren, homogenen Häuten gestaltet, welche das Vermögen besitzen, Flüssigkeiten und die in ihnen aufgelösten Materien durch sich hindurchdringen zu lassen, ohne selbst an irgend einer Stelle mit wirklichen Oeffnungen oder Poren versehen zu sein. Auf diese Eigenschaft aller organischen Häute oder Membranen gründet sich der Ernährungsproceß der organischen Körper, ein Proceß, ohne den die vorgeschriebene fortgesetzte Umänderung der Materie im Organismus unmöglich wäre, da er allein die Mischung und Entmischung der Stoffe, den Stoffwechsel, bewirkt. Wir können daher, was die Beziehungen der Materie zur Form im Organismus betrifft, mit Fug behaupten, daß letztere die erstere sich dienstbar gemacht habe, indem sie sie beherrscht und zwingt, die concrete Gestalt jedes einzelnen Organismus anzunehmen, während umgekehrt in der anorganischen Natur die jedesmalige materielle Mischung die concrete Gestalt erst hervorruft und verändert, sobald die Mischung eine andere wird.

Wie wichtig und bedeutungsvoll die Unterschiede sein müssen, wird jedem meiner Leser sogleich einleuchten; er wird hiernach gern den organischen Naturkörpern einen höheren Werth als selbstständigeren Wesen einräumen, und schon aus diesen Beziehungen erkennen, warum sie entschieden später als die Anorganismen entstanden.

Das Vermögen der Organismen, die eigenthümlichen Beziehungen, in denen die materiellen Grundstoffe zu einander stehen — Beziehungen, welche der Chemiker durch das Wort Affinität auszudrücken pflegt, — beherrschen zu können, ist die eine Seite derjenigen Eigenschaften, welche wir mit dem Worte Leben bezeichnen und für welche wir die Lebenskraft als supponirtes Agens annehmen. Was diese Kraft sei, wissen wir so wenig, als was die Kraft an sich ist, und begnügen uns darum mit der dürftigen Erklärung, welche in ihr „die Ursache aller Erscheinungen an der Materie“ anerkennt. Das einzige positive und brauchbare Resultat dieser Definition möchte wohl die Unmöglichkeit sein, Kraft und Materie von einander trennen zu können, was dann zu der Vermuthung berechtigt, erstere sei bloß eine Qualität der Materie, und ihre angenommene Selbstständigkeit sei Resultat unserer Art und Weise, die Natur und die Dinge in ihr zu betrachten. Genug also, die Lebenskraft beherrscht die chemische Affinität, so lange sie dauert; und diese Aeußerung des Organismus nennen wir Leben, ihn selbst aber deshalb lebendig. Endet die Periode, innerhalb welcher der Organismus als periodischer Naturkörper sich nothwendig bewegen muß, so tritt der Tod ein, und mit ihm beginnt die chemische Affinität im Organismus ihr Spiel. Befreit von den lästigen Banden, worin die Lebenskraft sie geschlagen hatte, bemächtigt sie

sich sofort der organischen, ihrer Selbstständigkeit beraubten Materie und verwandelt sie durch eine Reihe von Processen, welche wir mit den Ausdrücken Gährung und Fäulniß bezeichnen, wieder in anorganische Substanz. Damit verschwindet denn die letzte Spur des Organismus aus der Reihe der Wesen, er kehrt dahin zurück, von wannen er gekommen ist, sein Staub zur Erde, sein Wasser zum Urmeer sich wieder gesellend. —

In dieser zwiefachen Qualität seiner Bestandtheile liegt endlich noch ein wesentlicher Unterschied des organischen Naturkörpers vom anorganischen. Nie finden wir auch nur die geringste Spur einer solchen Duplicität an der Materie des Anorganismus; dieselbe ist entweder ganz fest, oder ganz flüssig, aber nicht beides zugleich. Es giebt dagegen keinen einzigen Organismus, der ganz und gar aus flüssiger Materie bestände, sondern immer sind beide Qualitätszustände seiner Stoffe in räumlich isolirten Umfängen mit einander gemischt; ja schon an der ersten Zelle treten sie auf, jener als umhüllende Haut (Zellenwand), dieser als eingeschlossene Flüssigkeit (Zelleninhalt). Wir können die beiden im Organismus gleichzeitig vorhandenen Qualitäten noch näher in ihren Beziehungen zu ihm erläutern, und zeigen, wie gerade die Mischung des Starren und Flüssigen es ist, welche seine Fortdauer während des Lebens, seinen Untergang nach dem Tode bewirkt. Denn obgleich die feste Substanz des Organismus überall seine eigentliche Grundlage ausmacht, und allein seinen Körper bildet — in so fern die organischen Gewebe nie aus rein flüssigen, sondern immer aus festen, aber zugleich weichen, von Flüssigkeit durchdrungenen Stoffen bestehen, — so kann doch dieselbe nur durch Aufnahme von Flüssigkeit erhalten und ergänzt werden, indem alles Materielle, welches der Organismus in sich verwandeln will, durch seine Häute hindurchdringen, also flüssig sein muß. Diesen Proceß des Durchdringens von Flüssigkeiten durch die organischen Häute ohne Poren nennt man Aufsaugung; sie ist ein allgemeiner Charakter aller Organismen, und eine ihrer wesentlichsten Eigenschaften, auf welcher ihre Existenz beruht. Die Anorganismen besitzen diese Eigenschaften nicht, denn das Einsaugungsvermögen erdiger Stoffe, welches auf die bereits oben (S. 44) erwähnte Kapillarität sich gründet, ist eine ganz andere Erscheinung und läßt sich mit dem Aufsaugungsproceß der Organismen nicht vergleichen; weil die Flüssigkeit nur die Lücken zwischen den festen Theilen der anorganischen Massen erfüllt, in die Materie derselben aber nicht eindringt. Thut sie das, so löst sie die Materie auf, und zerstört dadurch ihre bisherige Form als feste Substanz. Die Wechselwirkung von fester und flüssiger Substanz auf einander im Dienste des Lebens ist eigenthümlicher Charakter der Organisation und ein wesentlicher Hebel ihres Daseins, daher auch die Störung derselben den Tod des Organismus nach sich zieht. Zugleich ist aber dieselbe Beschaffenheit der Organismen Ursache ihrer Zersetzung nach dem Tode und das Mittel, die organische Substanz

wieder in ihre anorganischen Elemente zu zerfällen. Zieht man daher aus einem todten Organismus, in dem der Zersetzungsproceß noch nicht begonnen hat, alle Flüssigkeit aus, trocknet ihn vollkommen und bewahrt ihn unter Hüllen auf, die keine Feuchtigkeit hindurchlassen, oder in Räumen, die an sich ganz trocken sind, so schützt man dadurch seine feste organische Substanz vor Zersetzung und Fäulniß. Die ägyptischen Mumien bewähren die Richtigkeit des Gesagten. Aber auch das Absperren todter organischer Körper gegen den Zutritt der atmosphärischen Luft kann die Zersetzung derselben hindern, wenn zugleich die Flüssigkeit in ihnen durch künstliche Behandlung verändert und ihrer normalen Mischung beraubt wird; allein immer ist eine Lähmung der im todten Organismus von selbst durch Sauerstoffaufnahme erregten chemischen Affinität erforderlich, wenn der Zersetzungsproceß ihrer Bestandtheile verhindert werden soll. (Vergl. S. 179 Note 16.) Wir haben also hinreichenden Grund zur Behauptung, daß die gleichzeitige Anwesenheit fester und flüssiger Stoffe im Organismus seine Fortdauer während des Lebens eben so sehr bedinge, wie seine Zersetzung nach dem Tode, und daß in dieser Einrichtung ein wesentlicher qualitativer Unterschied zwischen ihnen und den Anorganismen ausgedrückt sei.

Hieran läßt sich ferner eine wichtige und gerade für uns höchst bedeutungsvolle Betrachtung über den ersten Ursprung der organischen und anorganischen Körper aus den elementären Grundstoffen und den dabei stattfindenden Unterschieden anreihen. Wir haben bereits früher den Charakter der Anorganismen in dieser Beziehung ausgesprochen, indem wir behaupteten, sie entständen in der ihnen eigenthümlichen Form, sobald die materiellen Grundbestandtheile vorhanden sind und keine äußeren Hindernisse, wie Mangel der dazu nöthigen Temperatur, oder Mangel an Ruhe, die Bildung zurückhalten. Die Annahme ist auch für alle anorganischen Naturkörper, deren Entwickelungsgang wir verfolgen konnten, durchaus richtig; weniger bestimmt dürfen wir es dagegen von manchen einfachen elementären Körpern behaupten, deren Bildungsproceß, eben ihrer Einfachheit wegen, noch nicht gehörig erkannt ist. Ganz anders verhalten sich, wenigstens in der Gegenwart, die organischen Geschöpfe. Ihre Entstehung hängt nicht ab von der bloßen Mischung ihrer Grundbestandtheile, sondern ist immer durch einen anderen, uns bis jetzt völlig unbekannten Einfluß bedingt, den wir daher auch nicht herbeiführen können. Dieser Einfluß kann, so scheint es, nur von einem anderen gleichartigen lebendigen Organismus ausgeübt werden; liegt aber dennoch nicht in dessen Willkür, sondern folgt auch in ihm ewigen unabänderlichen Gesetzen. Kennen wir also gleich alle Stoffe, aus denen eine homogene organische Materie, wie das Eiweiß, besteht, so können wir doch kein Eiweiß künstlich machen; während es uns ein Leichtes ist, durch Mischung von Sauerstoff und Wasserstoff in den Quantitäten, in welchen sie im Wasser sich befinden, wirkliches Wasser zu bilden, wenn wir den elektrischen Funken durch die Mischung hindurchgehen lassen.

Dennoch producirt jede Henne mit Leichtigkeit Eiweiß um den Dotter des zu legenden Eies; aber freilich nicht, wenn sie etwa will, sondern wenn der Eintritt des Dotters in den Eileiter sie dazu veranlaßt und nöthigt. Darum können wir uns, nach den bisherigen Erfahrungen, die Entstehung organischer Materie aus anorganischen Elementen nicht wohl vorstellen, ohne den Einfluß eines schon vorhandenen lebendigen Organismus; und sind deshalb über den ersten Ursprung der organischen Wesen auf der Erdoberfläche in großer Ungewißheit. Man glaubte zwar, daß sich innerhalb eines lebendigen Organismus, andere, von ihm in jeder Hinsicht verschiedene, selbstständige Organismen aus unverarbeiteter organischer Substanz bilden könnten, ohne daß Keime und Eier hineingelegt würden; aber diese Ansicht ist eines Theils an sich noch gar nicht im Einzelnen aufgeklärt, anderen Theils doch in so fern minder gewagt, als wenigstens ein lebendiger Organismus vorhanden ist, von dem der eigenthümliche Einfluß auf die Materie ausgeübt werden könnte. Die Entstehungsweise neuer fremder Organismen in anderen ohne Keime und Eier wird Urbildung (generatio originaria s. aequivoca) genannt und ihr die geschlechtliche Fortpflanzung mittelst Keime und Eier, als der normale Bildungsgang organischer Wesen, entgegengestellt, daraus zum Theil die Unmöglichkeit jener ersten Zeugung ableitend; aber man ist in der Verallgemeinerung dieses Gesetzes wohl zu weit gegangen, obgleich es gerade umgekehrt die Gegner von den Verfechtern der Generatio aequivoca behaupten. Letztere lehren nämlich, von jenem Entstehen fremder Organismen in anderen ausgehend, die Möglichkeit des Entstehens aller Organismen auf dieselbe Weise in frühester Zeit, und nehmen für jetzt nur die Bildungsfähigkeit niedriger, unvollkommen entwickelter organischer Körper aus elementaren Stoffen an. Ob diese Annahme einen positiven Grund habe, steht gegenwärtig noch dahin, wenn gleich die meisten Stimmen der Zeitgenossen sich dawider erklären; wir wollen sie indeß einstweilen gelten lassen, weil in der That kein streng wissenschaftlicher Gegenbeweis vorliegt, und ohne dieselbe das Entstehen der Organismen auf der Erdoberfläche nur durch unmittelbares Eingreifen einer höheren Macht denkbar ist, dafür aber aus dem ganzen übrigen Entwickelungsgange des Erdkörpers kein hinreichendes Motiv nachgewiesen werden kann, vielmehr ein solches unmittelbares Eingreifen von außen allen anderen wissenschaftlichen Resultaten widerspricht. Auch müßte, falls wir dasselbe beim Beginn der ersten Organismen statuiren wollten, seine immer erneute Wiederholung nach jeder Umwälzung der Oberfläche angenommen werden, was offenbar dem großartigen Plane der Weltordnung zuwider ist.

Obgleich die Urbildung ein nothwendiges Postulat der exacten Wissenschaft und geradezu als Naturgesetz erforderlich zu sein scheint, so können wir doch nicht in Abrede stellen, daß die neuesten wissenschaftlichen Erfahrungen sie für die gegenwärtige Periode höchst unwahrscheinlich machen.

Lange Zeit berief man sich nämlich mit gutem Grunde auf diejenigen parasitischen Binnenthiere (Endozoen), welche in geschlossenen Höhlen des thierischen Körpers leben und so lange sie in denselben verweilen, keine sexuellen Organe erhalten, also auch keine Nachkommenschaft hervorbringen können. Man hielt das für den stricten Beweis, sie seien durch Generatio originaria entstanden; denn ein Thier, welches keine sexuellen Organe hat, kann keine Eier produciren, also auch keine Jungen gebären. Allein gegenwärtig hält man sich überzeugt, daß diese scheinbar strengen Binnenthiere nicht an Ort und Stelle entstanden, sondern meistens in einer ganz anderen Form freiwillig von außen eingewandert seien, ja mittelst Durchbohrung der allseitig geschlossenen Hüllen sich einen Zugang zu ihrem Wohnorte verschafft haben. Umstände, welche den Tod ihres Wohnthieres herbeiführen, bringen diese Würmer erst recht an ihre geeigneten Wohnorte; sie werden mit ihrem ersten Gastgeber von einem zweiten verschlungen und entwickeln sich in dessen Leibe zu vollständigen, mit großen Generationsorganen versehenen Geschöpfen 7).

Wenn hiernach die Generatio originaria ihre Hauptstütze in der Gegenwart verloren hat, so ist damit freilich die Frage von der ersten Entstehung der Organismen auf der Erde nicht eben gefördert worden. Es wird allerdings erklärlich, warum gegenwärtig keine neuen thierischen Wesen mehr direct entstehen, wenn man weiß, daß alle wirkliche sexuelle oder ihnen entsprechende Fortpflanzungsorgane besitzen; aber man begreift nicht, wie ohne directe Einwirkung von außen jemals Thiere entstehen konnten, so lange noch kein mit sexuellen Organen versehenes Thier vorhanden war. Gegenwärtig, wo überall hinlängliche zeugungsfähige Geschöpfe leben, brauchen freilich keine neuen aus Urstoffen sich zu bilden; auch fehlt es dazu vielleicht an der materiellen Grundlage, woraus sie sich bilden könnten, da bei weitem die meiste organische Substanz der Gegenwart bereits in lebendigen Organismen sich befindet, und kein Vorrath zur Entstehung neuer Individuen in anderer Weise, als durch Zeugung, da zu sein scheint. Endlich macht der Wettstreit, in den die Organismen durch ihr Nahrungsbedürfniß unter einander gerathen sind, das Aufsammeln freier organischer Materien unmöglich; weil selbst die todten Organismen noch von vielen anderen lebendigen als Nahrung benutzt werden, und allem Anschein nach nur ein sehr kleiner Theil ihrer Masse in die anorganischen Elemente zurückkehrt. Aber in der Urzeit der Organisation war das Alles anders und darum auch wohl der Hergang ihrer Bildung ein anderer. Wollen wir also nicht zu Wundern und Unbegreiflichkeiten unsere Zuflucht nehmen, so müssen

7) Noch vor Kurzem hatte Pineau einen Versuch gemacht, die Generatio originaria durch directe Beobachtung darzuthun; aber seit von Siebold die Wanderungen der geschlechtslosen Parasiten entdeckt hat, scheint die Lehre von ihrer Urbildung zu deren Ungunsten erledigt zu sein! —

wir die Entstehung der ersten organischen Geschöpfe auf der Erde durch die freie Zeugungskraft der Materie selbst einräumen und die Gründe, warum diese Zeugungskraft jetzt nicht mehr fortdauert, aus allgemeinen Naturgesetzen, denen zufolge nur das Nothwendige, nicht das Ueberflüssige statuirt worden ist[8]), deduciren. —

Zunächst entsteht nun die Frage, woher die organische Grundmaterie kam, aus welcher die Organismen entstanden; woran sich eine zweite anreihen würde, die über den Hergang bei der Entstehung selbst Aufschlüsse verlangt.

Woher die organische Grundmaterie gekommen sei, ist nicht schwer zu beantworten, wenn wir wissen, daß die Erde zur Zeit, als Organismen entstanden, bereits eine aus Sauerstoff und Stickstoff gemischte Atmosphäre besaß, von einem Weltmeer umfluthet wurde, dessen Abkühlung mindestens bis auf 60° Reaum. gesunken sein mußte, und sowohl in ihm, als auch in der Atmosphäre, große Quantitäten von Kohlensäure beherbergte. Die letztere Annahme ist unerläßliche Bedingung, um den Kohlenstoffgehalt der Organismen zu erklären; er ergiebt sich aus der Anwesenheit von Kohlensäure sofort. Auch scheint die Beobachtung aufsteigender freier Kohlensäure, welche in vulkanischen Gegenden und nach vulkanischen Ausbrüchen so vielfältig gemacht worden ist (S. 73), den Ursprung dieses Stoffes aus der Tiefe während und nach Durchbrüchen plutonischer Materien sehr wahrscheinlich zu machen. So wären denn auf der damaligen Erdoberfläche die Bedingungen zur Bildung organischer Grundmaterie in Menge vorhanden gewesen, besonders wenn auch Stickstoffverbindungen, wie Salpetersäure und Ammoniak, in größerer Quantität die Atmosphäre erfüllten, was eben der Organismen wegen, die sie noch nicht zu ihrer Materie verbraucht hatten, nothwendig ist[9]). Die Existenz freien Wasserstoffs zur Zeit, als die

---

8) Man hat mir vorgeworfen, daß ich inconsequent sei, wenn ich, diesen Satz aufstellend, die Abstammung aller Menschen von einem einzigen Urpaare bestreite; allein Diejenigen, welche mich dieser Inconsequenz zeihen möchten, haben nicht bedacht, daß im genannten Falle die Vielheit gerade das Nothwendige zu sein scheint. Konnte die Natur zu einer gewissen Zeit ein Menschenpaar schaffen, so konnte sie auch mehrere erzeugen, ja sie mußte das, wenn sie die Existenz ihres Geschaffenen für immer gesichert wissen wollte. Sie zeigt uns überhaupt beim Entstehen der Wesen Beschränkung auf das Nothwendige nur in der Wahl des Mittels, aber Reichthum und Fülle in der Anwendung des gewählten, wie das namentlich auch die sexuelle Zeugung überall beweist. Und von den Mitteln der Entstehung ist ja hier nur die Rede.

9) Es ist eine beachtenswerthe Thatsache, daß keine elementare anorganische Materie anders als durch Ausscheidung aus einer chemischen Verbindung, in der sie enthalten ist, in die Substanz des Organismus übergehen, also auch nicht direkt von ihm aufgenommen werden kann. Die direkte Aufnahme des Sauerstoffs beim Athmen der Thiere ist nur eine scheinbare, in so fern dieselbe Quantität Sauerstoff, an Kohle und Wasserstoff gebunden, als Kohlensäure und Wasser wieder ausgestoßen wird, der Materie des Thieres also nicht zu Gute kommt. Darum konnte Stickstoff eben so

organischen Wesen sich bildeten, ist aber weder glaublich nach den früher (S. 142) berührten Thatsachen über die Affinität desselben zum Sauerstoff, noch überhaupt erforderlich, weil von ihm in allen organisirten Pflanzenstoffen nie mehr vorhanden ist, als hinreicht, um mit dem Sauerstoff Wasser zu bilden; mithin überall bloß Wasser aufgenommen zu werden brauchte, um Wasserstoff in die Pflanzen und daraus in die Thiere zu führen. In diesem Wasser waren auch ohne Zweifel die verschiedenen festen Stoffe aufgelöst, welche im lebendigen Organismus sich finden; namentlich wohl die Kalkerde und die Kieselerde, von denen die erstere bei den Thieren, die letztere mehr bei Pflanzen ein Mischungsantheil zu sein pflegt. Ihre Anwesenheit in den ältesten Gewässern ist nach den früheren Mittheilungen eben so wenig zu bezweifeln, wie die Anwesenheit von Schwefelsäure, Phosphorsäure, Kochsalz, und vielen anderen anorganischen Stoffen, die an den organischen Materien Antheil nehmen oder in den Organismen sich finden. Denken wir uns nun bei einer solchen Fülle des Materials zugleich eine erhöhte Temperatur, die leicht noch auf 60° Reaum. verweilen konnte, als die ersten Organismen entstanden — weil eine so große Hitze etwa das Maximum ist, dem organische Wesen Widerstand zu leisten vermögen — so haben wir in ihr, da es zugleich an Feuchtigkeit nirgends fehlte, einen wirksamen Hebel für die Fruchtbarkeit des Bodens, und ein wichtiges Hülfsmittel für die Bildung der ersten organischen Materie aus so vielfach vorhandenen Materialien. Wir nehmen daher an, daß etwa um diese Zeit der Abkühlung die ersten organischen Wesen entstanden.

Der Hergang ihrer Bildung ist übrigens das eigentliche Räthsel, welches wohl für immer unlöslich bleiben wird, und deshalb hier nicht mit Bestimmtheit beantwortet werden kann. Ohne Zweifel muß auch in diesem Falle diejenige Ansicht die größte Wahrscheinlichkeit für sich haben, welche am meisten an die gegenwärtigen Verhältnisse sich anschließt, und das Eingreifen aller außergewöhnlichen Mächte verwirft. Wenn wir demgemäß annehmen, daß die ersten Geschöpfe nicht unmittelbar in vollendeter Gestalt entstanden, sondern vielmehr in normaler Weise als jugendliche, unvollkommene Individuen unter Processen, die dem heutigen Entwickelungsgange ähneln, sich bildeten; so haben wir damit zugleich Alles gesagt, was über ihren Ursprung füglich sich sagen läßt, und können in die Einzelnheiten ihres Bildungsganges nicht weiter eingehen. Gestehen wir es nur, unsere positiven Wahrnehmungen reichen zur Construktion eines nur einigermaßen haltbaren Bildes der ersten organischen Schöpfung nicht hin, weshalb den Phantasteen des Malers, der sie uns verzeichnen wollte, immer ein großer, weiter Spielraum übrig bleiben müßte. Mag der Einzelne das Produkt einer solchen genialen Einbildungskraft bewundern, mag eine

---

wenig, wie Wasserstoff, direkt in die erste organische Materie eingehen, er mußte erst aus Stickstoffverbindungen ausgeschieden werden. —

ganze Nation gläubig an dem alten Mythus festhalten, den sie selbst einst in kindlicher Unbefangenheit aus sich gebar, oder von außen empfing; den wissenschaftlich geläuterten Blicken kann ein solcher Versuch immer nur für das gelten, was er ist, für die graue Nebelgestalt eines Traumes, die stets leer und inhaltslos bleibt, aber doch in mannigfachen Umrissen wiederkehrt und sich geltend zu machen sucht. Sei also wie du sein mußt, erster ältester Tag des Lebens; wir haben kein Auge mehr, dich zu erkennen, keinen Sinn, dich zu begreifen, und darum auch keine Feder, dich deiner Natur nach zu beschreiben! —

18.

Pflanze und Thier, ihre Eigenthümlichkeiten und Unterschiede.

Die organischen Naturkörper der Gegenwart stellen zwei Hauptgruppen dar, deren wesentliche Eigenschaften wir unter den Benennungen Pflanze und Thier zusammenfassen. Sie sind eben so alt, wie die Organisation überhaupt, nicht bloß in ihren Unterschieden unter einander, sondern auch in ihrer eigenen Mannigfaltigkeit; weshalb eine kurze Erörterung beider Verhältnisse unsere nächste Aufgabe sein muß. —

Sollen die Charaktere, welche das Wesen der Pflanze und des Thieres ausmachen, gegen einander abgewogen und die Begriffe bestimmt werden, in denen jene Unterschiede als Momente enthalten sind, so kann dies nur durch eine Prüfung derjenigen Eigenschaften geschehen, auf denen die Eigenthümlichkeiten der Organismen beruhen. Als Naturkörper mit innerer Beweglichkeit und beständigem oder periodischem Wechsel des Stoffes bedürfen sie gewisser besonderer Werkzeuge, welche den genannten Wechsel unterhalten und bewirken. Solche Werkzeuge heißen Organe. Das einfachste derselben ist eben die Zelle (S. 280), die Urform des ganzen Organismus, wie seiner einzelnen Theile. Nur dadurch, daß diese ersten elementaren Zellen ein selbstständiges Leben besitzen, sich selbst ernähren und neue Zellen gestalten, ist die Entwickelung eines höheren Organismus aus ihnen denkbar; sie sind seine Agenten, bevor er als Individuum selbstständig thätig sein kann. Darin liegt auch der Grund, warum jeder Organismus anfangs aus Zellen besteht, oder Zellen so lange die Grundlage aller Gewebe und Organe bilden, als dieselben sich selbst überlassen bleiben und noch nicht von anderen Organen oder Organtheilen in ihrem Lebensprocesse unterstützt werden. Die Form der Organe richtet sich aber nach ihren Verrichtungen, deren Mannigfaltigkeit tief in den Bedürfnissen wurzelt, welche den wesentlichen Inhalt des Begriffs jedweden Organismus ausmachen. Prüfen wir diese Begriffe näher, so zeigt sich alsbald ein auffallender Wettstreit zwischen der Idee selbst und ihrer Ausführung; in

so fern nämlich jeder Organismus, als periodischer Naturkörper, in gewisse zeitliche Grenzen eingeschlossen, also endlich ist, die Idee aber, als Form des Seins überhaupt, eine unendliche Existenz für sich in Anspruch nimmt. Einen solchen Widerspruch in sich selbst hat die Natur mit bekannter Meisterschaft gelöst, indem sie jedem Organismus nicht bloß die Nothwendigkeit der Selbsterhaltung, so lange seine Periode dauert, auferlegte, sondern ihm auch die Fähigkeit gab, für die Permanenz seiner Art durch die Produktion gleicher Nachkommen Sorge tragen, und damit seine Idee in ihrer Endlichkeit zu einer unendlichen erheben zu können. Aus diesem nothwendigen inneren Gegensatze leitet sich die Verschiedenheit der Organe ab; sie zerfallen darnach in zwei große Gruppen, welche sich als Systeme, und nach ihren Kriterien als System der individuellen Fortdauer und als System der typischen Fortdauer bezeichnen lassen; jene führen den Namen Ernährungsorgane, diese heißen Fortpflanzungswerkzeuge.

Durch die Verrichtungen beider Systeme von Organen ist für die Permanenz des Typus, trotz der individuellen Endlichkeit, gesorgt, durch sie also der ganze Charakter des Organismus bestimmt. Das Bedürfniß einer solchen Einrichtung bleibt aber für alle Organismen ein gleiches, und ihr Mangel bei irgend einem organischen Naturkörper ist ein undenkbares Verhältniß. Demnach müssen Thier und Pflanze gleichmäßig im Besitz beider Organisationssysteme sich befinden, und können nicht von einander etwa durch den Mangel des einen Systemes bei diesen, oder das gleichzeitige Auftreten beider Systeme bei jenen unterschieden werden. Allein die Art des Stoffes, den beide Gruppen von Naturkörpern zur Ernährung verwenden, bedingt ihren auffallenden, allgemein bekannten Unterschied. Denn die Pflanzen ernähren sich von überall verbreiteten anorganischen Materien und ganz besonders vom Kohlenstoff, der als Kohlensäure in der Luft wie im Wasser enthalten ist; die Thiere dagegen benutzen als Nahrungsstoff immer eine bestimmte organische Substanz, welche nur an besonderen Orten und öfters nur zu gewissen Zeiten sich findet. Die Pflanze braucht ihren Nahrungsstoff nicht erst zu suchen, sie erhält ihn überall, wo atmosphärische Luft und Wasser sie umgeben, durch diese Medien; das Thier sucht dagegen seine Nahrung, geht ihr nach, und unterscheidet sie von anderen, ähnlichen Materien. Ein solches Bedürfniß kann durch Organe, die bloß Nahrungsstoffe aufnehmen und verarbeiten, oder Nachkommen zeugen, nicht befriedigt werden, es bedarf seiner eigenen Werkzeuge; und ihre Anwesenheit bildet den eigentlichen Unterschied des Thieres von der Pflanze. Zunächst verlangt die beschränkte Lokalität der Nahrungssubstanz eine Einrichtung, vermittelst welcher das Thier von einem Orte zum andern sich begeben, mithin sich bewegen könne. Allein auch damit ist sein Bedürfniß noch nicht befriedigt; denn nicht alle Materien genügen ihm, sondern nur einige, ganz bestimmte. Diese muß es von den unbrauchbaren unterscheiden,

mithin sinnliche Wahrnehmungen machen und sich der Wahrnehmungen bewußt werden können, wenn es die Aufgabe seiner individuellen Fortdauer und durch sie auch die typische Permanenz erfüllen soll. Wir erhalten dadurch im Thiere zwei neue Bedürfnisse, welche die Pflanze nicht kennt, und eben hierin sich ideell oder funktionell sogleich vom Thier unterscheidet. Selbstbestimmbare Bewegung und Empfindung, die sich als Contractilität der thierischen Gewebe äußern, sind die wesentlichsten Kriterien der thierischen Organisation.

Aber nicht bloß die verschiedene Form und Qualität der Nahrungsstoffe und die Art, wie sie aufgenommen werden, unterscheidet die Thiere von den Pflanzen, sondern auch der ganze Erfolg ihrer Thätigkeit liefert uns einen neuen und letzten Unterschied, der zeigt, daß sich diese beiden großen organischen Gewalten zwar in vieler Beziehung feindlich gegenüber stehen, indessen doch auch eben so sehr von einander abhängen. Denn die Pflanzen sind eigentlich die Ernährer der Thiere; sie bereiten aus rohen anorganischen Materien, und ganz besonders aus der Kohlensäure, die erste organische Substanz, sie häufen große Vorräthe derselben als Stärkemehl (Amylum), Zucker, Kleber, vegetabilische Säuren und Basen (Alkaloide) in sich auf, ohne sie in ihre eigentlichen körperlichen Bestandtheile, in die Membranen und Fasern überzuführen; sie sorgen, indem sie diese rohen organischen Stoffe dem Thierreich als Nahrung darbieten, für dessen Existenz und Fortdauer fast mehr, als die Thiere selbst es zu thun im Stande sind. Für die Pflanze als fertiges Produkt ohne großen Werth werden diese Stoffe von ihr in unablässiger Thätigkeit bereitet; werden sie in nie aufhörender, wenn auch periodisch ruhender, Arbeit für die Thiere geschaffen, damit letztere sie als Nahrung verwenden und in höher entwickelte organische Materien umwandeln. Nur ein Vortheil entspringt daraus für die Pflanzen, der des beständigen Zunehmens an Masse und Ausdehnung; die prinzipiell unbeschränkte räumliche Vergrößerungsfähigkeit. Sind nämlich die Pflanzen in der That nur producirend und nicht consumirend, was allerdings mit Grund behauptet werden darf, so müssen sie auch immer mehr zunehmen, so müssen sie fort und fort neu gebildete organische Materie in sich absetzen, so müssen sie bis zu ihrem Tode hin sich vergrößern. Und das geschieht, wie Jedermann weiß. Aber die Thiere sind nicht in diesem Fall, die Thiere produciren nicht eigentlich organische Materie, sondern sie verwandeln sie nur, sie gestalten die pflanzliche Materie in thierische, oder die niedere animalische in höhere animalische um. Bei dieser Veränderung wird die organische Materie nicht allseitig von ihnen benutzt, sondern nur theilweis verbraucht; viel geht davon verloren und wird als unverdaulicher Rest der Luft, dem Wasser und der Erde zurückgegeben, um durch diese Medien auf's Neue in's Pflanzenreich zu gelangen. Das ist gewissermaßen der einzige Dienst, den die Thiere dem Pflanzenreich erweisen; ein Dienst, der indeß nicht unbedeutend angeschlagen werden darf,

wenn man die enorme Quantität von Kohlensäure bedenkt, welche durch den thierischen Athmungsproceß sich bildet. Weniger einflußreich, obgleich nicht ohne allen Einfluß, werden der Harn oder der feste Koth als Düngungsmittel für die Pflanzen, und sehr groß ist endlich die Rolle, welche die von Blume zu Blume fliegenden Insecten als Vermittler der vegetabilischen Befruchtung spielen. Insofern aber die Thiere nur organische Stoffe verbrauchen und nicht eigentlich bilden, liegt auch in ihnen selber eine Beschränkung, welche sie hinter die Pflanzen stellt, und sie nöthigt, gewisse räumliche Grenzen, wenn sie sie erreicht haben, nicht zu überschreiten. Denn nur so lange das Thier mehr Materie ansetzt, als es zersetzt, kann es größer werden; nur so lange es eben so viel sich aneignet, wie es von sich giebt, kann es bei gleicher Kraft und Größe verbleiben; es muß abnehmen, sobald es weniger aufnimmt, als abgiebt; es muß sterben, wenn es zum Ansetzen überhaupt keine Kraft mehr hat. So wird denn das Thier durch den beständigen Substanzverbrauch beeinträchtigt, und dieser Verbrauch setzt seinem Größerwerden eine Schranke, die es nicht zu überspringen vermag. Das Thier lebt hauptsächlich, indem es Materie verzehrt, die Pflanze dagegen nur dadurch, daß sie organische Materie erzeugt. —

Mit der Erkenntniß dieser verschiedenen Thätigkeiten sind wir zum wahren Inhalt der Begriffe von Pflanze und Thier gelangt, denn Alles, was beide Naturkörper an Mannigfaltigem in der Erscheinung uns darbieten, ordnet sich jenen Hauptkriterien sofort bei näherer Betrachtung unter und erscheint als Accidenz dieser wahrhaft charakteristischen substantiellen Unterschiede. Der Begriff, wie scharf er auch gefaßt sein muß, bleibt indeß ein leerer, so lange er noch keine bestimmte Form angenommen hat; und da es in der Natur überall auf formelle Darstellung der ideellen Differenzen, auf Verkörperungen der Gedanken, abgesehen ist, so werden wir die Formunterschiede der Materie im Ganzen wie im Einzelnen prüfen und aus ihnen die Differenz des formellen Typus im Thier- und Pflanzenreiche herleiten müssen. Denn wo ein wahrhaft verschiedener Begriff in der Natur uns begegnet, da findet sich auch immer eine verschiedene Form; und dann ist nicht bloß in einzelnen Theilen eine abweichende Erscheinung vorhanden, sondern ein allseitiger und allgemeiner, wenn auch nicht überall gleich grell und augenfällig sich darstellender Unterschied.

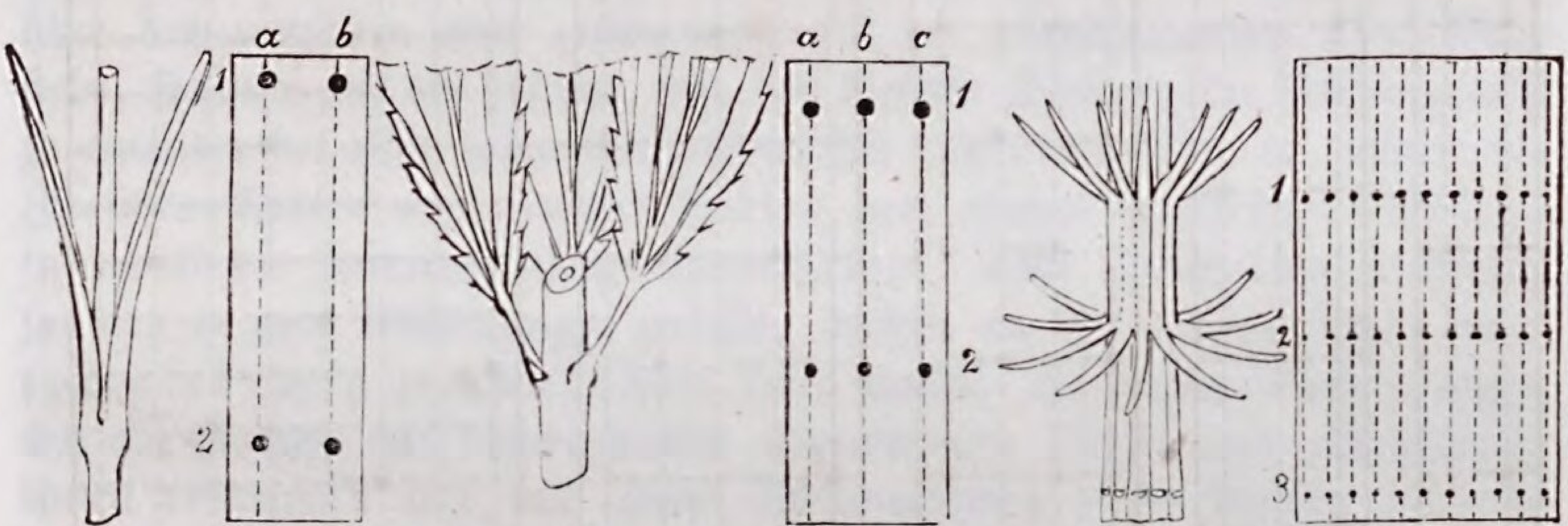
Indem wir zur näheren Beleuchtung der formellen Verschiedenheiten übergehen, müssen wir zuerst zwei Seiten in der Betrachtung von einander trennen, nämlich die allgemeine Form, oder den Gesammttypus des Naturkörpers, von den Formen seiner einzelnen materiellen Grundbestandtheile, seiner Organe und Gewebe, aus denen er sich aufbaut. In beiden Beziehungen zeigen Thiere und Pflanzen wesentlich differente, sogar entgegengesetzte Eigenschaften.

Das formelle Grundschema der Pflanzen weicht in doppelter Hinsicht von dem der Thiere ab, insofern es einmal eine unendliche Gestalt

ist, deren vollständige Begrenzung nicht mit Nothwendigkeit aus der Lage ihrer Bestimmungsstücke sich ergiebt, und zweitens in seiner Anwendung unter jedweder bestimmten Form den einzelnen Repräsentanten noch eine große individuelle Mannigfaltigkeit verstattet, mithin nicht die völlige Gleichförmigkeit der äußeren Erscheinung herbeiführt, welche im Thierreiche an den Mitgliedern einer Art wahrgenommen wird. Was die einzelnen Individuen, vermöge ihrer Selbstständigkeit als organische Naturkörper, Subjectives in die Verkörperung des Schemas hinübertragen können, ist bei den Thieren durchaus unbedeutend für die Gesammtform; es modificirt dagegen im Pflanzenreiche die äußere Erscheinung des Individuums in einem solchen Grade, daß dadurch die absolute Identität der ganzen Form aufgehoben wird, und nur die formelle Identität der einzelnen Theile noch übrig bleibt. Pflanzenindividuen, auch wenn sie einer Art angehören, ähneln einander nur im Allgemeinen und bringen mittelst dieser Aehnlichkeit zwar eine gewisse charakteristische Physionomie hervor, aber nicht die völlige, ursprünglich bis zur Congruenz gesteigerte Uebereinstimmung, welche für die Mitglieder einer Art im Thierreiche allgemeine Regel ist. Nur wenige, durch langjährige Zucht modificirte Arten der Hausthiere können davon eine mehr augenfällige Ausnahme machen. Und dennoch erstreckt sich die Modification auch bei ihnen lediglich auf relative Verhältnisse, nicht auf absolute, durch Zahlenwerthe angebbare Unterschiede in den Bestandtheilen ihres Körpers. Aber Niemand könnte mit Recht die Behauptung aufstellen, daß die Zahlen der Zweige, Blätter und Blüthen z. B. aller Eichbäume, selbst nur der wenigen gleichen Alters, gleich groß sein müßten, oder überhaupt nur eine Grenze in den Zahlenwerthen von ihnen einzuhalten wäre. — Diese Mannigfaltigkeit der Pflanzenindividuen wird, wie gesagt, theils durch die größere Unabhängigkeit derselben von ihrem Typus, theils durch die Form des letzteren selbst bewirkt.

Das einfache Grundschema jeder vollkommenen Pflanze läßt sich nämlich als eine senkrecht im Erdboden stehende Achse darstellen, von welcher nach festen Gesetzen wagrechte Radien ausgehen. In so fern nun diese Achse keine im Voraus bestimmte, sondern bloß eine zufällige, durch die jedesmalige Größe des Individuums gegebene Grenze erhält, ist sie eine unendliche Gestalt, und das mußte sein, damit die Pflanze beständig nachwachsen, fortdauernd größer werden konnte; in so fern aber die von ihr ausgehenden Radien nach constanten, für alle Mitglieder derselben Art unabänderlichen Formeln entspringen, ist sie auch eine besondere oder concrete. Das Gesetz, welches den Ursprung dieser Radien feststellt, regulirt also die Formenmannigfaltigkeit des Pflanzenreichs; es erscheint uns, ganz allgemein betrachtet, unter der Form senkrecht an der körperlichen Achse emporsteigender gerader Linien von verschiedener Zahl, auf denen an bestimmten Punkten gleichen Abstandes die peripherischen Radien entspringen. Wir nennen diese geraden Linien die Orthostichen, die auf ihnen

bemerkbaren gleichen Distanzpunkte der Radien ihre Interfoliarlängen, und die Abstände der Orthostichen von einander die Intervallen. Letztere theilen unter allen Umständen den Umfang der Achse in eine gewisse Zahl gleicher Abschnitte, bestimmen also die mögliche Menge der Orthostichen; die Interfoliarlängen ergeben die Anzahl der Radien auf jeder Orthostiche und beide zusammen die Gesammtvertheilung der Radien oder, mit anderen Worten, den formellen Grundtypus jeder einzelnen Pflanze. Der einfachste Fall ist hier offenbar derjenige, wo 2 Orthostichen an der Achse verlaufen und die Interfoliarlängen beider in gleicher Höhe sich befinden. Die eingeschalteten Figuren zeigen in der ersten einen Theil

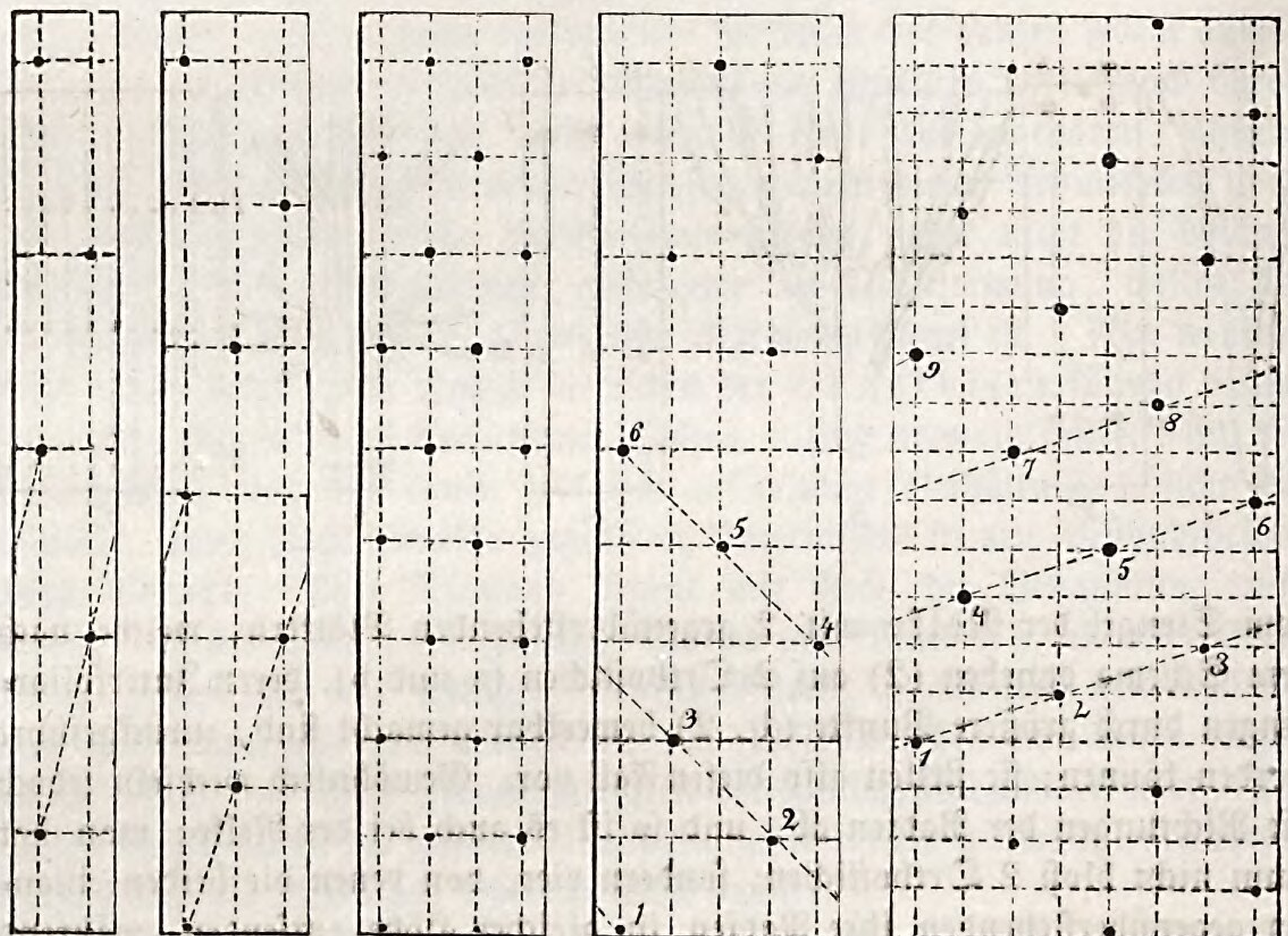


2 3 4 5 6

vom Stengel der Nelke mit 2 gegenüberstehenden Blättern, welche nach dem Schema daneben (2) auf 2 Orthostichen (a und b), deren Interfoliarlängen durch größere Punkte (1, 2) bemerkbar gemacht sind, zurückgeführt werden können; sie stellen also diesen Fall vor. Gewöhnlich wechseln jedoch die Richtungen der Radien ab, und so ist es auch bei der Nelke; man hat dann nicht bloß 2 Orthostichen, sondern vier, von denen die beiden einander gegenüberstehenden ihre Radien in gleicher Höhe entsenden, während die 2 anderen in halber Interfoliarlänge der vorigen Orthostichen ihrer Seits ihre Radien nach einer entgegengesetzten Richtung abgeben. Dadurch wird das Schema zwar in der Anwendung etwas complicirter, seine Grundlage bleibt aber dieselbe. Vermehrt sich die Zahl der Orthostichen um eine, so entspringen nicht mehr 2, sondern 3 Radien in derselben Höhe an der Achse, ein Fall, welcher (mit dem vorigen) bei Veronica longifolia (Fig. 3) auftritt und in Fig. 4 schematisch auf einer Abwickelungsfläche der Achse weiter erläutert ist. — Die Vermehrung der Orthostichen kann nun in ähnlicher Weise weiter gehen, wir können 4, 5, 6 u. m. Radien in gleicher Höhe ringförmig um die Achse gestellt antreffen, und so allmälig bis zu noch höheren Zahlen den Pflanzentypus hinaufsteigen sehen, ohne daß sich ein Grund fände, irgendwo eine bestimmte Grenze der Vermehrung festzusetzen. Um indeß diese Betrachtung nicht zu weit auszudehnen, ist nur noch eine höhere Zahl in Figur 5 von Hippuris vulgaris dar=

gestellt und daneben die Abwickelungsfläche mit 11 Orthostichen und 3 Interfoliarlängen angenommen.

Die eben betrachteten Fälle gleich hoher, oder vielmehr in gleichem Niveau befindlicher Radien sind jedoch, wie häufig sie auch im Pflanzenreiche vorkommen mögen, im Ganzen die seltneren; bei den meisten Gewächsen finden sich die Ursprünge der Radien auf jeder Orthostiche in einer anderen Höhe an der Achse. Nehmen wir wieder den einfachsten Fall von nur zwei Orthostichen, deren Radienpunkte alterniren, d. h. um die Hälfte ihres Normalabstandes gegen einander verschoben sind, so erhalten wir auf der Abwickelungsfläche die nachverzeichnete Ansicht Figur 1. Jeder



1 2 3 4 5

Radius der einen Orthostiche steht um die Hälfte seiner Entfernung vom nächstfolgenden Radius derselben Orthostiche höher oder tiefer, als jedweder Radius der gegenüber befindlichen anderen Orthostiche; was sich in Bezug auf ihre Stellung zu einander durch die Bruchzahl $^1/_2$ ausdrücken läßt. Indem wir uns zur Ermittelung der übrigen Zahlenwerthe einfach der Beobachtung anvertrauen, gelangen wir zu dem Resultate, daß, wenn drei Orthostichen am Stamme vorhanden sind, die Endpunkte der Interfoliarlängen, d. h. die Ursprungspunkte der Radien, um $^1/_3$ der Normaldistanz auf jeder Orthostiche gegen einander verrückt sind, und die Abwickelungsfläche von Fig. 2 darstellen. Vier Orthostichen zeigen dagegen nur eine Verrückung der Radienpunkte um die Hälfte ihrer Distanz, ergeben also dieselbe Abwickelungsfläche, welche wir erhalten, wenn je 2 und 2 einander gegenüberstehende Orthostichen mit gleich hohen Radienpunkten an einer

und derselben Achse vorkommen (Fig. 3). Darin tritt aber keine neue Form auf, sondern es verbinden sich nur zwei schon früher einzeln vorgekommene und durch das Beispiel von der Nelke erläuterte Fälle mit einander; so daß der Fall von vier Orthostichen mit alternirenden Radien, als Combination von je 2 und 2 Orthostichen, aus der Reihe der neuen, eigenthümlichen Formen entfernt werden muß. Den drei Orthostichen reihen sich dann, als nächster Fall, fünf Orthostichen an, deren Radienpunkte einzeln alterniren, so daß auf die Interfoliarlänge einer Orthostiche je ein Radialpunkt der 4 anderen Orthostichen fällt. Das Maaß dieser Alternation ist, nach Angabe der Abwickelungsfläche Fig. 4, $^2/_5$ der Interfoliarlänge. Zugleich ergiebt die nähere Betrachtung desselben Schemas, daß der nächste Radius über dem untersten oder ersten nicht auf der nächstfolgenden Orthostiche steht, sondern auf der dritten, und daß dieselbe Stellung der Radienpunkte zu einander bei allen folgenden wiederkehrt; die Linie also, in welcher die Zwischen-Radien vom unteren Radius zum oberen derselben Orthostiche innerhalb der Interfoliarlänge hinaufsteigen, nicht gleichmäßig fortläuft, sondern in zwei Abtheilungen zerfällt, mithin an der runden Achse einen spiralförmig gewundenen Lauf nimmt. In derselben Weise lassen sich alle Radien mit durchgehends alternirenden Ursprüngen auf Spirallinien reduciren, und das ganze Stellungsgesetz dieser Radien auf eine spiralförmig an der Achse von unten nach oben fortlaufende Linie übertragen. Will man dieser Ansicht huldigen, so nennt man den Abschnitt der Spirale zwischen zwei über einander stehenden Radienpunkten einer Orthostiche ihren Zyklus, und die Zahl der Windungen, welche sie machen muß, um vom unteren Radius zum oberen derselben Orthostiche zu gelangen, ihre Umläufe. Stets ist die Anzahl der Radienpunkte eines Zyklus gleich der Anzahl aller Orthostichen an der Achse und die Zahl der Umläufe gleich der Zahl, welche die Größe der Stellungsdifferenz des zweiten Radius gegen den ersten angiebt. Bei dieser Ansicht drückt also der Bruch $^2/_5$ im Zähler die Zahl der Umläufe, welche die Spirale macht, im Nenner die Zahl der Orthostichen oder, was dasselbe ist, die Zahl aller Radien zwischen je zweien Radien einer und derselben Orthostiche aus. Es wird also in dem zweiten Falle (Fig. 2) der Bruch $^1/_3$ angeben, daß zwischen zweien Radienpunkten jeder Orthostiche die fortlaufende Spirale aller Radien nur einen Umlauf macht und eben derselbe auf dieser Strecke drei Radien trägt; oder im ersten Fall (Fig. 1) wird man sagen können, der Bruch $^1/_2$ zeigt an, daß die Spirale zwischen je 2 über einander stehenden Radien nur einen Umlauf hat, und jedesmal 2 Radien dem ganzen Umlaufe angehören. —

Zu diesem wichtigen und in seiner zwiefachen Auffassung um so sicherer begründeten Resultate gelangt, betrachten wir unser Ergebniß übersichtlich, indem wir die drei erfahrungsgemäß bestimmten Werthe: $^1/_2$, $^1/_3$, $^2/_5$, neben einander stellen und gewahren, daß der dritte Bruch nichts anderes

ist, als die Summe der Zähler und Nenner von beiden vorhergehenden. Ueberrascht durch die neue mathematische Gesetzmäßigkeit, wird kein scharfsinniger Beobachter die Vermuthung eines ähnlichen Fortschrittes der begonnenen Reihe unterdrücken können, sondern alsbald für das vierte Glied den Bruch $^3/_8$ halten. Die Abwickelungsfläche Fig. 5 stellt sein Schema dar, wir bemerken auf derselben zwischen dem Radius 1 und dem zweiten derselben Orthostiche, dem Radius 9, sieben andere Radien, welche immer um drei Orthostichen von einander abstehen. Es liegt also der nächste Radius 2 nicht auf der nächsten Orthostiche, sondern auf der vierten, der Radius 3 auf der siebenten, der Radius 4 auf der zweiten, der Radius 5 auf der fünften, der Radius 6 auf der achten, der Radius 7 auf der dritten und der Radius 8 auf der sechsten. Zieht man durch die Radien gerade Linien auf der Abwickelungsfläche, so erhält man die in ihre Abschnitte aufgelöste Spirallinie, welche die fortlaufenden Radien an der Achse beschreiben, und bekommt zugleich die Anzahl ihrer Umläufe als Abschnitte, nämlich drei. Ganz eben so läßt sich nachträglich der Fall von $^2/_5$ darstellen, die Spirale hat in dessen Schema (Fig. 4) nur einen entgegengesetzten Verlauf; man sieht ihre beiden Umläufe zwischen dem ersten und sechsten Radius als zwei parallele Linien, — die beiden Abschnitte der durch die Abwickelung der cylindrischen Fläche getrennten Spirale, — und auf dieselbe Weise ist in Fig. 1 und 2 der einfache Umlauf, den die Spirale hier beschreibt, aus der schiefen Linie der Abwickelungsfläche leicht zu entnehmen. Ueberall stellt bei alternirenden Radialpunkten ihre fortlaufende Verbindungslinie eine Spirale dar, deren Umlaufszahl der Größe der Radienalternation gleich ist, und deren Gesammtlänge durch die Orthostichen in eine ihrer Menge entsprechende Zahl gleicher Abschnitte getheilt wird. Drückt man beide Zahlen unter der Form eines Bruches aus, so zeigt der Zähler die Menge der Umläufe, der Nenner die Anzahl der Orthostichen an, und giebt mithin die vollständige Formel für jedwede alternirende Radienstellung. Die auf solche Weise im Pflanzenreiche als formgebende Elemente nachgewiesenen Bruchzahlen sind endlich unter sich genau geregelt, d. h. sie sind die Glieder einer Reihe, deren beide ersten Glieder die beiden größten ächten Brüche sind und deren folgende Glieder jedesmal durch Addition von Zähler und Nenner der beiden vorhergehenden Glieder entstehen. Alle wirklichen Zahlenwerthe bilden also den nachstehenden Kettenbruch:

$^1/_2$, $^1/_3$, $^2/_5$, $^3/_8$, $^5/_{13}$, $^8/_{21}$, $^{13}/_{34}$, $^{21}/_{55}$, $^{34}/_{89}$, $^{55}/_{144}$, $^{89}/_{233}$, ...

Die Beobachtung in der Natur hat die völlige Richtigkeit obiger Angaben bestätigt, und zu noch anderen merkwürdigen Resultaten geführt, aus denen die hohe mathematische Gesetzmäßigkeit der Pflanzenformen aufs Ueberraschendste hervorgegangen ist. Bleiben wir indeß bei dem gewonnenen Resultate, als einem für unsere Zwecke ausreichenden, stehen, so lautet dasselbe übersichtlich etwa folgendermaßen.

Der Grundtypus des Pflanzenkörpers ist eine senkrecht gestellte Achse mit peripherischen Radien, welche in gleichen Abschnitten gewisser an der Achse aufsteigender gerader Linien entspringen. Die Radien stehen entweder alle in gleicher Höhe, und zeigen dann nur Verschiedenheiten in der Anzahl; oder sie alterniren neben einander und beschreiben, wenn man sie mit einander durch Linien verbindet, eine an der Achse aufsteigende Spiral- oder Schraubenlinie, je nachdem die Achse eine Ebene, eine Kugelfläche, ein Kegel oder ein Cylinder ist. Nimmt man von dieser Spirale irgend einen durch zwei zunächst und senkrecht übereinander stehende Radien begrenzten Zyklus, und untersucht die Zahl der Abschnitte und Umläufe desselben, so findet man in ihnen constante, für jede Pflanze unabänderliche Zahlenwerthe, die einer Reihe angehören, deren beide ersten Glieder die beiden ersten Zahlen sind, und deren folgende Glieder durch Addition je zwei neben einander stehender vorhergehender Glieder erhalten werden. Immer ist die Zahl, welche die Umläufe der Spirale angiebt, um zwei Glieder dieser Reihe von der späteren, welche die Abschnitte des Zyklus anzeigt, entfernt.

Ich darf jetzt nur noch für die gebrauchten allgemeinen Begriffe diejenigen Namen substituiren, welche dafür bereits vor Auffindung des Schemas gebraucht und allgemein angenommen sind, und hoffe durch ihre Anwendung auf das Schema meinen Lesern die mathematische Pflanzengestalt in einen lebendigen Organismus zu verwandeln [1]).

Die senkrechte Achse der Pflanze heißt im gemeinen Leben Stamm, wenigstens der Theil von ihr, welcher sich über der Erdoberfläche befindet; der andere unterirdische Abschnitt wird mit zur Wurzel gezogen, was indeß kaum statthaft ist [2]). Die peripherischen Radien, welche gleichzeitig mit der Achse entstehen, sind die Blätter, und die an ihren Ursprungsstellen später hervorwachsenden Nebenachsen nennt man Zweige. Sie tragen Radien ganz nach demselben Typus, wie die Hauptachse, fehlen aber ge-

1) Die Richtigkeit der hier gemachten Angaben ist jetzt nicht mehr zu bezweifeln, seit die schöne und einfache Entwickelung derselben von C. F. Naumann (Ueber den Quincunx, als Grundgesetz der Blattstellung etc. Leipzig 1845 8.) vorliegt. Wir verweisen auf sie, als auf eine weitere, strenger mathematische Ausführung. Für die Spiralstellung, welche Schimper zuerst in Anregung brachte, ist Braun's Aufsatz in der Regensb. botan. Zeitung (1835. Nr. 10—12) der leichteren Uebersicht wegen empfehlenswerth. —

2) Wurzeln sind eigentlich nur die feinen Fasern, welche zerstreut an der Oberfläche des unterirdischen Stammes entspringen und die wässerigen Feuchtigkeiten einsaugen; sie können eben so gut an der oberen Achse entstehen, wie an der unteren, und finden sich hier häufig genug als Luftwurzeln, z. B. beim Epheu. Sie sind Radien der Achse ohne Gesetzmäßigkeit in der Stellung, und bilden sich überall, wo es nöthig und nützlich ist. Deshalb darf man sie bei der Entwickelung des Schemas der Pflanzenformen übergehen.

setzlich manchen Gewächsen, z. B. den Palmen, und bedingen durch ihren häufigen gesetzlosen Mangel an vielen Produkten, wo sie entstehen könnten, die Ungleichheit in der Erscheinung der Pflanzen-Individuen. Daher die größere Gleichheit des Ansehens bei solchen Gewächsen, welche, wie die Palmen und Zwiebelgewächse, keine Zweige entwickeln. Außer diesen der Hauptachse in allen Punkten ähnlichen Nebenachsen, haben die allermeisten Gewächse, selbst die zweiglosen, andere gleichzeitig mit den Radien und an denselben Punkten entstehende Nebenachsen, deren peripherische Radien anderen Stellungs- und Bildungsgesetzen folgen, als die Radien der Hauptachse. Aus ihnen entstehen die Blumen. Den Typus derselben und ihrer Bestandtheile werden wir am besten erst dann weiter verfolgen können, wenn wir die besonderen Formen der Hauptachse und ihrer Radien kennen gelernt haben; wir kehren daher zu ihnen zurück. —

Hauptachse (Stamm) und Nebenachsen (Zweige) sind in der Regel zylindrische oder prismatische Körper, welche sich nach oben etwas verjüngen oder kegelförmig langsam zuspitzen. Ihr Querschnitt ist meistens ein Kreis, seltener eine mehrkantige, reguläre Figur. Die peripherischen Radien (Blätter) sind dagegen symmetrische, bisweilen durch Schwinden der einen Hälfte irreguläre, und gewöhnlich in die Fläche ausgebreitete Körper von relativ geringer Dicke, aber oft höchst beträchtlicher Länge. Sie pflegen mit dünnen Stielen von der Achse auszugehen, und erst später sich in die Fläche auszubreiten, oder am Stiel einzelne flache Ausbreitungen zu tragen. Indeß giebt es auch gleichbreite, bandförmige, selbst zylindrische und hohle Gestalten; wie denn überhaupt in den Umrissen der Blätter die Natur einen unerschöpflichen Reichthum von Formen niedergelegt, und die Fülle ihrer Phantasie auch in dieser durch bestimmte Grundtypen beschränkten Mannigfaltigkeit aufs Herrlichste offenbart hat. In noch höherem Grade müssen wir diesen Vorzug den Blumen einräumen, obwohl ihre Grundform fast noch einfacher ist. Allein die Anwesenheit mehrerer, freilich auch nur durch Metamorphose gleicher Urformen entstandener Elemente in ihr trägt wesentlich zur Vergrößerung jener unendlichen Mannigfaltigkeit der Erscheinung bei, welche wir an den Blumen bewundern und deshalb sie zu unseren Lieblingen in der Schöpfung erheben. Ihrer Idee nach ist übrigens jede Blume, wie die ganze Pflanze, eine Achse mit peripherischen Radien, welche in Zahl und Stellung constanten Gesetzen folgen. In dieser Grundlage stimmt sie zwar mit dem allgemeinen Pflanzentypus überein; aber die Ausführung rechtfertigt den Unterschied, welchen wir schon durch den besonderen Namen andeuten. Drei Umstände machen diesen Unterschied zu einem sehr wesentlichen; einmal die Aenderung der Radien in ihren Gestalten gegen einander nach gewissen Zyklen der Spirale, zweitens die Aenderung der Zahlenabschnitte innerhalb dieser verschiedenen Zyklen, und drittens die unmittelbare Annäherung der Radien aller Zyklen an einander und die daraus folgende Verkürzung der Achse, welche mit einer

großen Neigung, sich in die Fläche statt in die Länge auszudehnen, verbunden ist.

In jeder vollständigen Blume sind vier eigenthümliche Zyklen der Spirale unterscheidbar, sie führen von unten nach oben, oder wo die Ausbreitung der Achse in die Fläche vollständig ist, von außen nach innen den Namen Kelch, Krone, Staubgefäße und Stempel. Die Radien der beiden ersten Zyklen sind auf der Grundform aller Radien, dem Blatttypus, stehen geblieben, und unterscheiden sich von einander zunächst durch die verschiedene Stellung an der Achse und durch die Farbe, welche beim Kelche in der Regel grün bleibt, bei der Krone bunt wird. In den Radien des dritten Zyklus ist zwar ebenfalls die Blattform die ursprüngliche, wie das Umwandeln der Staubgefäße in Kronenblätter bei gefüllten Blumen deutlich zeigt; allein die Blattfläche bildet sich zu einer Bruthöhle eigenthümlicher Zellen um, welche Blumenstaub oder Pollen genannt werden und durch Zerreißung der Hülle heraustreten. Die Radien des vierten Zyklus sind ebenfalls Bruthöhlen, die theils einzeln, theils zu einem Ganzen verbunden sich schließen, den Namen Fruchtknoten führen und an den Rändern, wo die Verwachsung stattgefunden hat, in ihre Höhle hinein Auswüchse bilden, die wahrscheinlich nicht sowohl aus den Rändern der Radien selbst, als vielmehr aus der an ihnen emporgestiegenen Achse hervorsprossen. Man nennt sie Eichen, da in ihnen eben so, wie in den Eiern der Thiere, der Keim des jungen Pflänzchens sich gestaltet; ist dies geschehen, so heißen sie Samen. Die Entwickelung dieses Keimes, des Embryos, im Eichen wird vom Pollenkorn eingeleitet, indem dasselbe durch eine nie fehlende Oeffnung des Fruchtknotens, sobald es auf den Rand dieser Oeffnung, die Narbe, gekommen ist, einen langen Schlauch in die Höhle des Fruchtknotens hinabsendet, und mit dessen Ende durch eine andere kleine Oeffnung, die Micropyle, welche am Eichen vorhanden ist, in dasselbe eindringt. Aus dem eingedrungenen Theile des Pollenschlauches entwickelt sich, sei es unmittelbar [3]) oder durch bloße Contactwirkung, der Embryo. Man nennt diesen Act die Befruchtung, weil gleich darauf die Bildung der Frucht mit der Entwickelung des Embryos beginnt und so lange fortdauert, bis sie sich aus dem Fruchtknoten hergestellt hat, die Frucht mit dem Samen, wie wir uns ausdrücken, reif geworden ist. Alle übrigen Zyklen der Blumen fallen nach der Befruchtung ab, höchstens bleibt der Kelch noch

---

3) Schleiden's frühere Angabe, daß ein Theil des eingedrungenen Pollenschlauches selbst zum Embryo werde, schien durch die späteren Beobachtungen von Amici und Mohl, denen zu Folge der Pollenschlauch sich nur an den Keimsack anlegt, aber nicht eigentlich in ihn eindringt, ihre Erledigung zu finden. Indessen kürzlich ist Schacht wieder auf Seite des ersten Beobachters getreten, während Hofmeister für die zweiten Partei nahm. Wir können uns, bei so gewichtigen Widersprüchen, für keine von beiden Lehren mit Bestimmtheit entscheiden. —

zurück, und nimmt dann an der Fruchtbildung entweder unmittelbar Theil, wie beim Apfel, oder mittelbar, indem er die Frucht, wie an der Haselnuß, bloß umhüllt. Die Erscheinung, daß alle peripherischen Gebilde der Pflanzen, alle Radien des Stammes und der Blume, dem Typus nach dieselben Theile sind, und bloß in Formen oder Verrichtungen von einander abweichen, wurde übrigens zuerst von Goethe ausgesprochen, indem er sie als Metamorphose der Pflanze in seiner bekannten Schrift so geistvoll und lebendig darstellte. Zwar hat die Folgezeit im Einzelnen diese Ansicht weiter ausgeführt und zum Theil geändert, in der Hauptsache aber sind alle, auch die subtilsten Untersuchungen, zu dem herrlichen Resultate zurückgekehrt, welches der scharfe Blick dieses göttlichen Sehers so klar und richtig durch bloßes Anschauen erkannt hatte. —

Dies ist also das einfache Grundschema der Pflanzengestalten; ein Schema, dessen Ausführung in 60,000 wirklichen verschiedenen Formen immer noch eine mangelhafte Realisirung der unendlichen ideellen Mannigfaltigkeit zu sein scheint, die wir in ihm anerkennen müssen. Denn die Natur hat uns, indem sie die 60,000 gegenwärtig bekannten oder sicher unterschiedenen Pflanzen hervorbrachte, nur eine Probe ihrer möglichen Produktivität gegeben, und den bei weitem kleineren Theil der Pflanzenformen wirklich dargestellt, welche sie zu gestalten fähig war. Wie unendlich reich erscheint hier die schöpferische Phantasie des Weltgeistes gegen die Armuth eines menschlichen Bildners, dessen Produktionen, mögen sie auch zahlreicher als die eines Rubens, idealer als die Raphael's sein, doch immer einen gewissen eigenthümlichen Charakter annehmen und den Pinsel des Meisters verrathen, wo sein Name nicht mehr am Bilde sich nachweisen läßt.

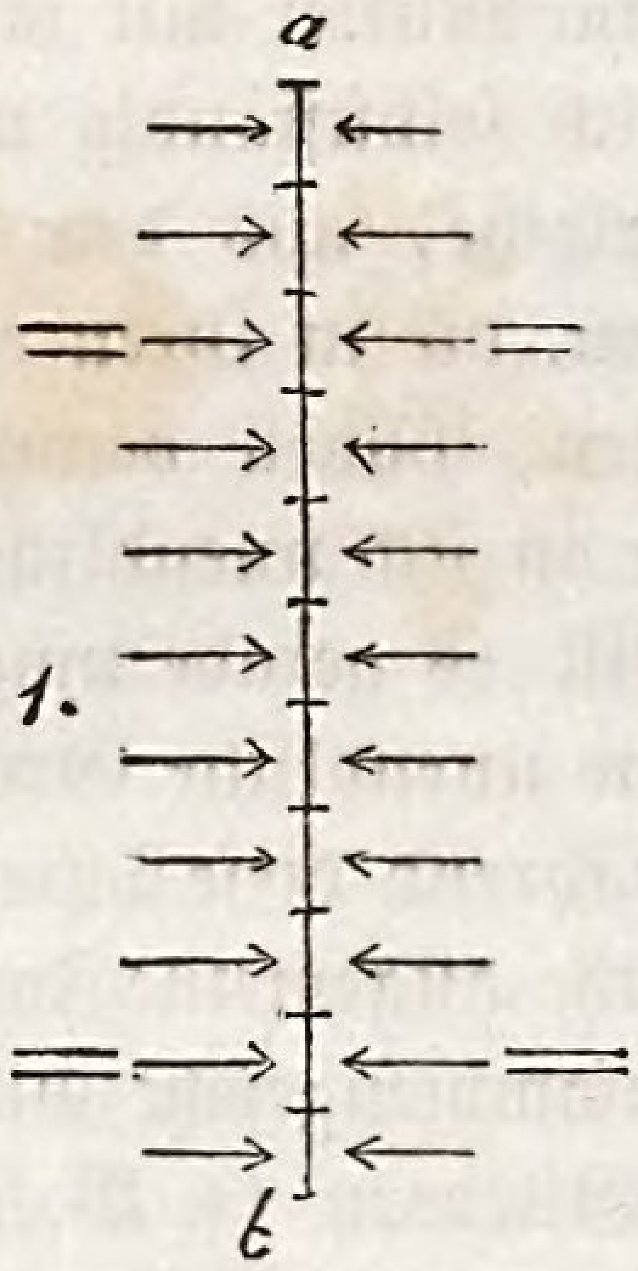
Gehen wir demnächst zur Untersuchung des thierischen Grundtypus über, so erkennen wir bald als ersten wesentlichen Unterschied seiner Form die Endlichkeit des Schemas, das jedem einzelnen Thiere zum Grunde liegt. Zwar ist es vielen Thieren, gleich den Pflanzen, erlaubt, lebenslänglich fortzuwachsen und sich nach allen Richtungen hin zu vergrößern, aber sie ändern dabei nicht ihre Formen, die Umrisse und Beziehungen der Theile, sondern sie dehnen sich bloß wie im Ganzen, so auch in jedem einzelnen Theile mehr und mehr aus. Kein neuer Theil kommt hinzu, wenn die Menge der vorgeschriebenen erreicht ist, keine Zehe mehr als in der Jugend, kein neuer Wirbel; aber die Pflanze bildet mit jedem Jahr mehr Zweige (Nebenachsen), wenn sie überhaupt eine mehrjährige ist[4]), und

4) Hierbei darf freilich nicht außer Acht gelassen werden, daß bei einer mehrjährigen Pflanze die jährliche Produktion, streng genommen, ein ganz neues Individuum ist, welches das ältere vorjährige bloß als Substrat, gleichsam als Skelet, benutzt, und sich über ihm ausbreitet. Es wird dadurch das neue zwar im Allgemeinen in die Form des alten gezwungen, allein eine gewisse Selbstständigkeit bleibt ihm, und aus dieser folgt der formelle Unterschied.

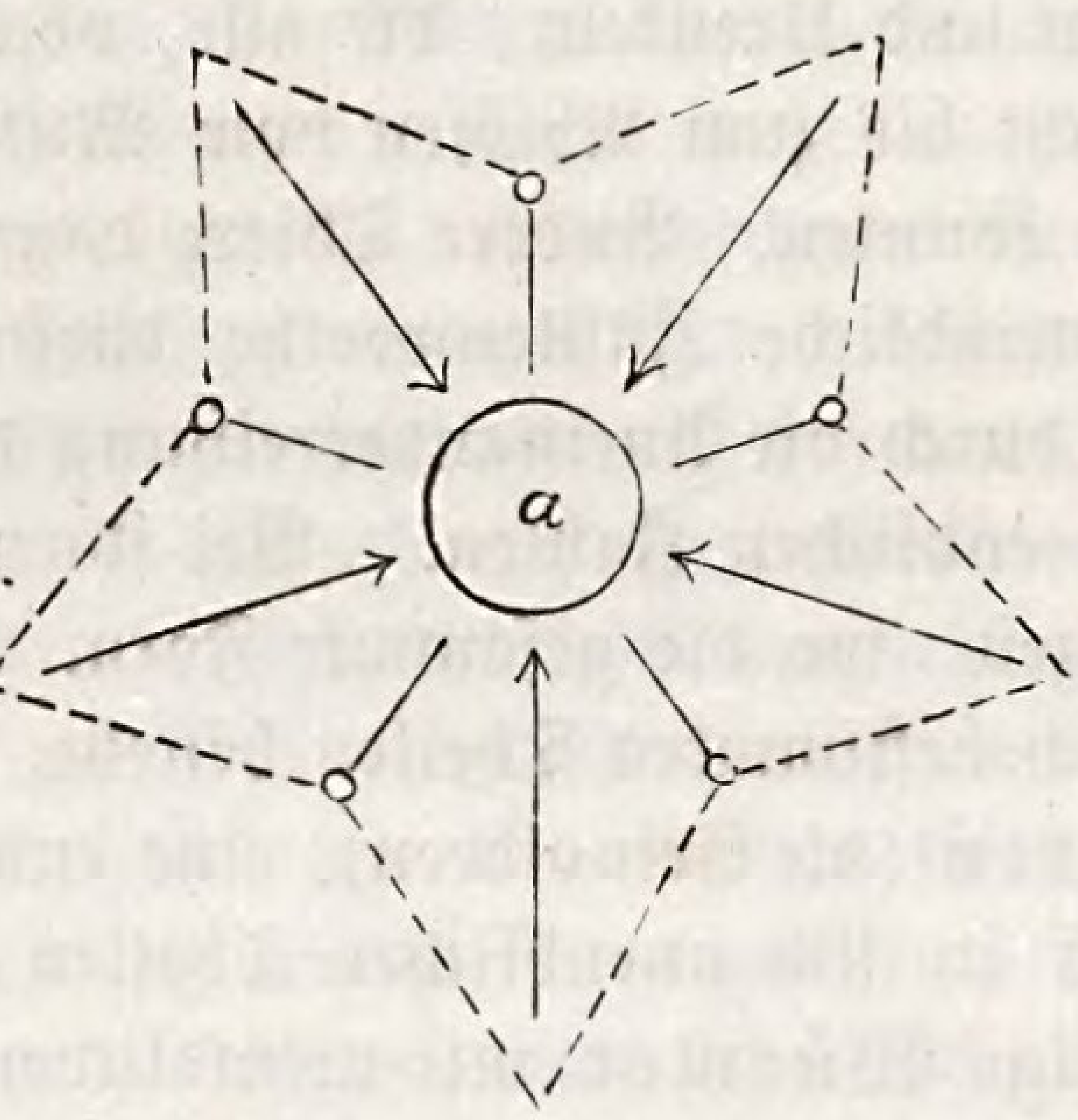
ändert dadurch die Beziehungen der vorhandenen Theile zu einander wesentlich. Jedes Thier ist nicht bloß in bestimmte, bei allen Individuen einer Art gleiche Umrisse, sondern was noch viel wichtiger ist, auch in gleiche endliche Zahlenwerthe seiner Bestimmungsstücke eingeschlossen, während die Pflanze an ihrer unendlichen Achse auch eine unendliche Menge von Theilen producirt, und nur innerhalb der Zyklen ihrer Achse constante, endliche Zahlenverhältnisse entwickelt. Von einer solchen Anlage zeigen die Thiere kein genau ähnliches Beispiel, denn die sogenannten Zoophyten (Pflanzenthiere) sind keine einfachen Individuen, wie die Pflanze, sondern Gruppen von Individuen, gleichsam verwachsene Familien; eine Mutter mit zahlreichen Kindern, Enkeln und Urenkeln, die alle, obgleich selbstständig und individualisirt, nur nicht bis zum Ablösen vom Mutterleibe, aus dem sie hervorgingen, gelangen konnten. Andere Thiere dagegen, die in ihren einzelnen Körpertheilen unendliche Zahlenwerthe darstellen, haben dennoch einen constanten Typus durch die Aneinanderreihung der in sich unendlichen Theile nach bestimmten endlichen Zahlen. Bei ihnen ist es gerade umgekehrt wie bei den Pflanzen, wo die gesammte Form eine unendliche Größe ist, die aus vielen endlich bestimmten Theilen besteht; während diese Thiere, nämlich einige Radiaten (die Crinoideen), eine endliche allgemeine Form haben, die aus gewissen in sich unendlichen Theilen zusammengesetzt wird. Am meisten würden einige Würmer mit unendlichen Gliedern (z. B. die Bandwürmer) dem Pflanzentypus nahe kommen, insofern ihre Achse (der Rumpf) ganz wie bei den Pflanzen eine unendliche Menge in sich bestimmter, den Zyklen der Pflanzenachse vergleichbarer Glieder umfaßt; aber auch hier bietet sogleich die Symmetrie der Glieder, welche die Pflanze nicht kennt, und die Heterogenität ihrer untergeordneten Bestandtheile wichtige Unterschiede dar. Diese drei Thiergruppen sind aber auch die einzigen Beispiele unendlicher Zahlenverhältnisse im Thierreich; sie können durch die besondere Art der Anwendung das Gesetz nicht umstoßen, welches den Typus der Pflanzen und Thiere beherrscht. —

Der eben besprochene Charakter bildet die eine Seite des thierischen Grundtypus, ein zweiter eben so sicherer geht zunächst aus ihm mit hervor. Indem nämlich die Thiere nicht bloß eine in der Ausführung, sondern auch in der Idee endliche Form besitzen, treten die Bestandtheile dieser Form in eine gewisse unabänderliche Beziehung zu einander, welche eine dreifache sein kann. Im ersten Falle haben von den vorhandenen Bestimmungsstücken immer nur zwei gewisse mit einander übereinstimmende Theile eine gleiche Beziehung zu einander und zu den übrigen; im zweiten Falle steht jeder einzelne der gleichen Theile zu allen übrigen in derselben Beziehung; und im dritten Falle ist jeder Theil zu den übrigen in eine eigenthümliche, nur ihm allein zukommende Beziehung getreten. Daraus entstehen die drei Grundformen des thierischen Typus, die symmetrische, reguläre und irreguläre. In der symmetrischen Form (Fig. 1) läßt sich

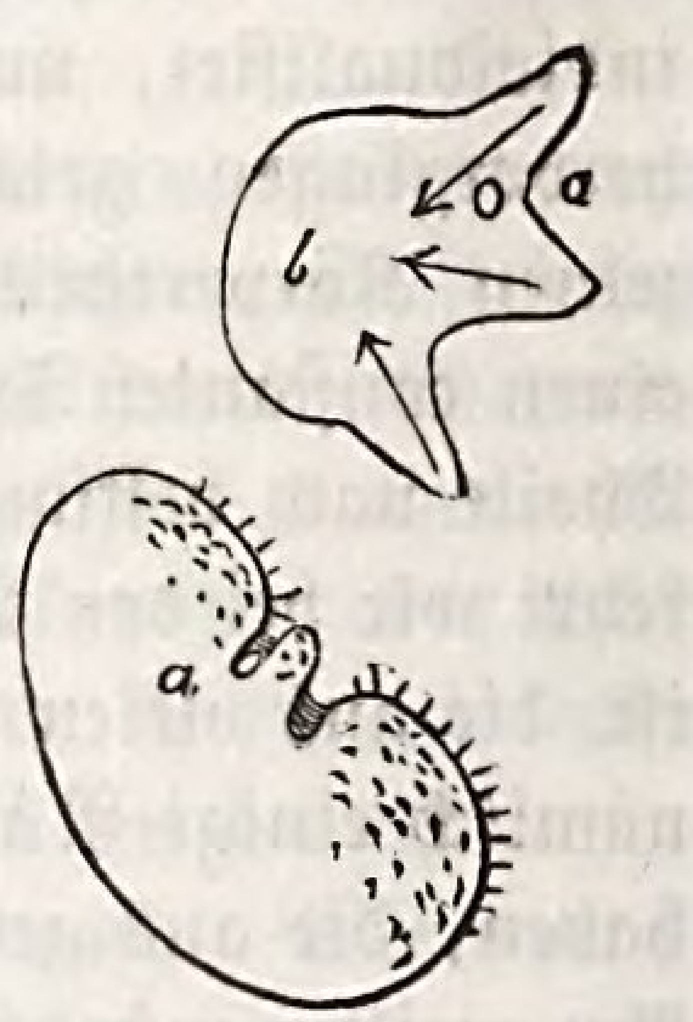
die Beziehung der gleichen Theile zum Ganzen durch eine gerade Linie (ab) ausdrücken, auf welche alle je 2 und 2 gleichartig bezogen sind. Diese Linie theilt die gesammte Form in zwei gleiche Hälften, und wird zur Fläche, wenn die Form keine rein mathematische Figur mehr ist, sondern ein Körper. Nach diesem Verhältniß werden wir die symmetrischen Thiere am leichtesten bestimmen und sagen können, es seien diejenigen Gestalten, welche nur durch einen einzigen Schnitt sich in zwei gleiche Hälften theilen lassen. Ganz anders verhält sich der reguläre Typus (Fig. 2).



1.



2.



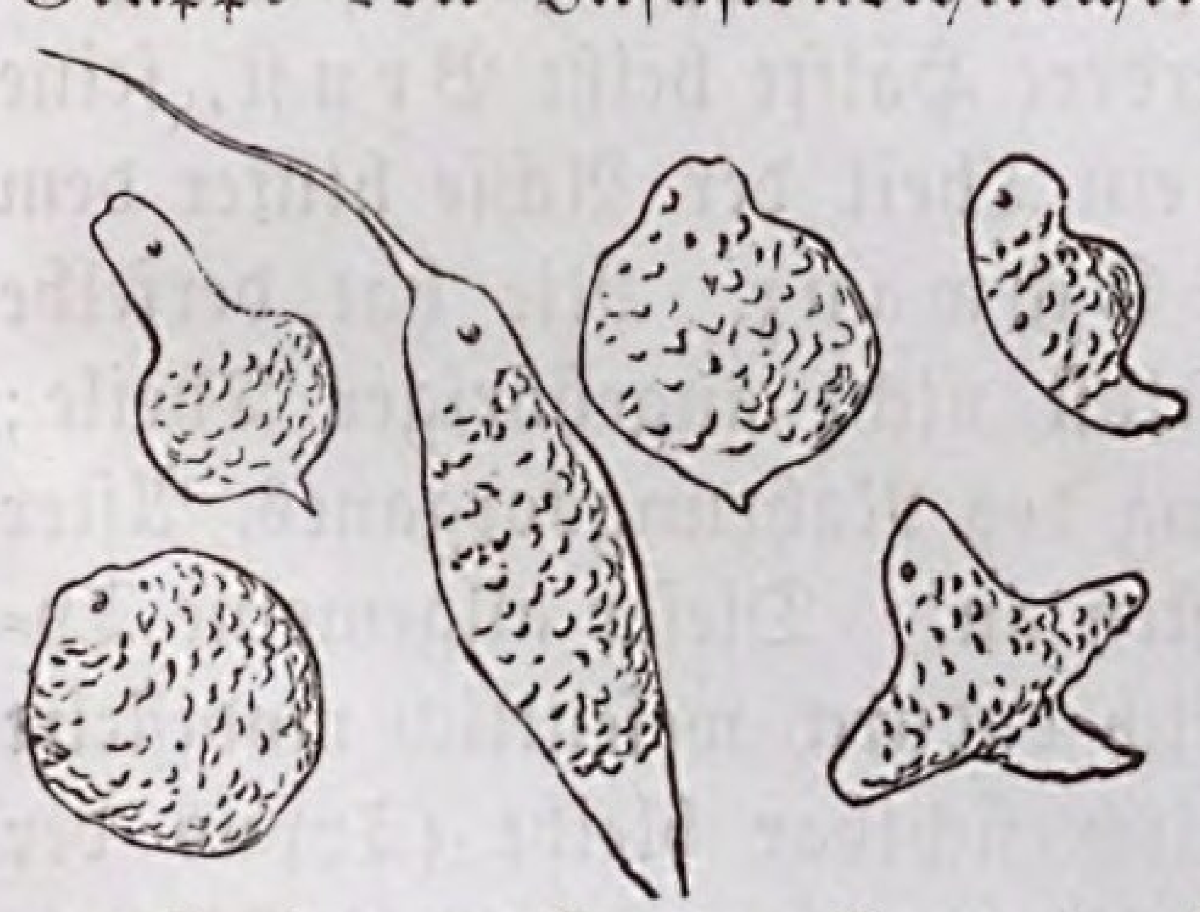
3.

In ihm sind alle gleichen Theile mehr als zweimal vorhanden, und jeder von ihnen hat mit allen übrigen dieselbe Beziehung zum Ganzen; es sind mithin auch alle durch gleiche Entfernungen vom Mittelpunkte des Ganzen ausgezeichnet. Daher giebt es bei diesen Thieren einen bloßen Mittelpunkt (a), statt der Linie, worauf die Theile der symmetrischen Thiere sich beziehen; und die Folge davon ist die Möglichkeit einer Theilung in gleiche Hälften nach mehrfachen Richtungen. Eine solche Theilung ist endlich bei irregulären Gestalten (Fig. 3), wo jeder Theil für sich allein bezogen ist, unmöglich; ihr Mangel bildet deren wesentlichen Charakter.

Vergleichen wir, nach diesen Resultaten, noch einmal den thierischen Typus mit dem pflanzlichen, so finden wir einen neuen wichtigen Unterschied. Denn der Pflanzenkörper, als Ganzes genommen, hat nie einen symmetrischen oder regulären Typus, und kann ihn nicht haben, da er aus unendlich vielen gleichen Theilen besteht, was gegen die Symmetrie und Regularität, die beide nach endlichen Zahlenwerthen bestimmt sind, gleichmäßig streitet. Symmetrie und Regularität erscheinen bei den Pflanzen immer nur als Formen der einzelnen Organe, jene besonders an den Blättern, diese vorzugsweise im Typus der Blumen, während die einzelnen Blüthentheile ebenfalls symmetrisch geformt sind. Will man dagegen einwenden, daß die Projection der Pflanzenachse auf die Grundfläche eine reguläre Figur ergiebt, was allerdings richtig ist, so wird diese Behauptung,

streng genommen, nur dann wahr sein, wenn die Hauptachse keine Nebenachsen entwickelt hat, ein Fall, der in der Natur der seltnere ist; bildet sie Nebenachsen oder Zweige, so bedingt die Gesetzlosigkeit derselben in der Ausführung die Irregularität in der Erscheinung, welche Jedermann als allgemeinen Pflanzencharakter zugestehen muß. Wir haben damit vollen Grund, die gleichzeitige Anwesenheit aller drei Grundformen an jeder Pflanze als wesentlichen Charakter des Pflanzenreiches anzusprechen, und den Mangel eines solchen Vereines für typische Eigenthümlichkeit der Thiere zu erklären. Zwar haben die regulären Thiere einzelne symmetrisch geformte Theile, ja ihre gleichen Theile sind in der Regel symmetrisch in sich; aber die symmetrischen Thiere, als die höheren Darstellungen der Thierheit, zeigen einen solchen Verein nicht. Hier ist jeder einzelne Theil zwar dem gegenüberstehenden ganz gleich, aber doch so durch und durch entgegengesetzt, daß es unmöglich wird, den einen für den andern zu nehmen oder mit ihm zu verwechseln. Ich erinnere, um ein Beispiel aus dem gemeinen Leben zu greifen, nur an unsere Handschuhe und Stiefeln, deren Versetzung von links nach rechts nicht geschehen kann, falls sie gut gearbeitet sind und den Regeln der Natur entsprechen. —

Kommen wir nun zu den Zahlengesetzen, welche die constanten Typen der Thiere beherrschen, so finden wir bei den irregulären Typen wie in allen Dingen so auch hierin Gesetzlosigkeit. Jede Art, ja vielleicht selbst jedes Individuum hat seine eigene Zahl, und die ganze Menge der vorhandenen Theile schwankt willkürlich zwischen gewissen, nicht näher bestimmbaren Grenzen. Um dem Leser dieses Verhältniß anschaulicher zu machen, ist eine Gruppe von Infusionsthierchen (Euglena viridis) aus Ehrenberg's



großem Werke über diese Geschöpfe kopirt worden; jedes der dargestellten Individuen hat eine andere Form, behält die seinige aber nicht für immer, sondern ändert sich in nie aufhörender Mannigfaltigkeit, so lange es lebt, den ganzen Form-Cyklus aller durchlaufend und mannigfach wiederholend. Mit der Regularität tritt dagegen zuerst eine constante allgemeine Form auf, aber keineswegs immer eine eben so constante Zahl der gleichartigen Theile. Indeß gehört es allerdings zu den Ausnahmen, wenn die Zahl der Theile variirt; in der Regel folgt sie gewissen Gesetzen, indem es ganz besonders die einfachsten Zahlen 3, 4 und 5 sind, welche einzeln oder in ihren Verdoppelungen, seltener in höheren Produkten, als Beherrscher der Menge auftreten. Alsdann bilden die gleichen Theile Radien, welche von der centralen Achse ausgehen, und durch äußere Uebereinstimmung an Pflanzenformen, besonders an reguläre Blumen, erinnern. Die Achse pflegt eine Scheibe, eine Kugel oder ein Zylinder zu sein, welcher die Radien am Umfange oder am Ende trägt; in ihrer

Mitte findet sich der Mund, der Eingang zur verdauenden Höhle. Seine Lage nach oben (Typus der Polypen) oder nach unten und vorn (Typus der Radiaten) giebt dann die beiden Hauptverschiedenheiten dieses thierischen Grundtypus. — Die symmetrischen Thiere beginnen mit einer wagrechten, beim Menschen allein senkrecht gestellten Achse, und unterscheiden sich schon dadurch von den regulären Thieren, deren Achse senkrecht zu stehen pflegt; wichtiger aber ist es, daß diese Achse keine wahren Radien mehr hat, sondern symmetrische nach links und rechts vertheilte Fortsätze. In ihrer Menge kann darum nie eine ungrade, sondern nur eine grade Zahl vorkommen. Die Achse ist übrigens theils ein einfacher homogener Stamm (Typus der Mollusken), theils gegliedert, d. h. eine Wiederholung gleichartiger Abschnitte in mehrfacher Zahl. Bei niederen Thieren pflegt die Zahl der Abschnitte veränderlich, also unbestimmt zu sein; bei allen höheren wird sie eine endliche, wenigstens bei den Mitgliedern einer Art stets unabänderliche Menge. Sind alle Abschnitte gleich, so trägt auch jeder gleiche und gleich viele Fortsätze, wenn letztere überhaupt vorhanden sind (homonomer Typus); sind aber die Abschnitte ungleich, so tragen sie auch verschiedene, oder manche von ihnen gar keine Fortsätze mehr (heteronomer Typus). Da die Fortsätze immer zur Bewegung der Achse benutzt werden, so nennt man sie im Allgemeinen Bewegungsorgane. Mit dem Auftreten des heteronomen Typus sondern sich zugleich die Glieder der Achse in verschiedene Abschnitte, deren Anzahl in der Regel drei ist. Der erste Abschnitt trägt die Organe der sinnlichen Wahrnehmung und daneben immer den Mund; er heißt Kopf. Der zweite umfaßt alle Ringe, in denen die Organe der Ernährung und Fortpflanzung sich befinden; er wird Rumpf genannt. Seine vordere Hälfte heißt Brust, seine hintere Bauch oder Hinterleib. Ist noch ein Theil der Achse hinter dem Rumpf vorhanden, so führt er den Namen Schwanz. Nie hat derselbe eine Höhle zur Aufnahme fremder, ihm selbst nicht angehöriger Theile; vielmehr zeigt die Lage der hinteren Oeffnung des Nahrungsorganes, After genannt, seine wahre Grenze am bestimmtesten an. Dieser allgemeine Typus sämmtlicher gegliederten Thiere ist endlich dadurch wesentlich modificirt worden, daß die Gliederung theils äußerlich sichtbar bleibt (Typus der Gliederthiere), theils bloß an einem inneren formgebenden Körpergerüst erkannt wird (Typus der Rückgratthiere). Im erstern Falle dient die Haut zugleich als formende Stütze des ganzen Körpers, und bildet sich zu einem harten, hornigen oder kalkigen Panzer aus; im zweiten Falle ist die äußere Haut von der formgebenden Stütze des Körpers gesondert, die letztere ist ins Innere gerückt, und von den an ihr befestigten Theilen versteckt. Sie bildet hier ein hartes Gerüst kalkiger Glieder, die Knochen, und führt in ihrer Verbindung zu einem Ganzen den Namen Skelet. Seine Anwesenheit ist Charakter aller höheren thierischen Organismen. Wir haben demnach im Thierreiche drei Grundtypen, aber

sechs daraus abgeleitete Haupttypen der thierischen Formen kennen gelernt, und sind durch diese größere substantielle Mannigfaltigkeit schon zur Annahme einer zahlreicheren Menge verschiedener Gestalten berechtigt. Auch bestätigt die Erfahrung unsere Vermuthung vollkommen. Bloß die eine Thierklasse der Insekten hat allein mehr Arten aufzuweisen, als das ganze Pflanzenreich; sie bietet durch ihren enormen Inhalt eine das Auge des Beobachters fast ermüdende, stellenweis so sanfte Veränderung der typischen Grundidee in den verschiedenen Arten dar, daß es die Arbeit keines Einzelnen mehr sein kann, in diesem Wirrwarr von Aehnlichkeiten und Unähnlichkeiten jene Klarheit hervorzurufen, welche die wissenschaftliche Darstellung des Ganzen unumgänglich fordert. Wir können uns einer solchen zur Zeit noch nicht rühmen, und kaum mit irgend einiger Sicherheit über die wirkliche Menge urtheilen; aber so viel erkennen wir schon jetzt aus dem Vergleich einzelner, sorgfältig untersuchter Gegenden, daß die Insekten alle Pflanzen ums Doppelte an Zahl übertreffen. Um die Möglichkeit einer solchen überraschenden Menge verschiedener Formen einsehen zu können, müssen wir einen Blick auf die Methode werfen, welche als Mittel der Mannigfaltigkeit gedient hat, zuvor aber noch die nicht minder wichtigen formellen Unterschiede der materiellen Grundlage des Thier- und Pflanzenreiches weiter untersuchen. —

19.

Unterschiede der materiellen Grundformen im Pflanzen- und Thierreich. — System der Gewächse.

Das Wesen der materiellen Grundlage aller organischen Körper wurde bereits früher ausgesprochen, indem wir die organische Substanz, wenn sie in den Organismus als Theil seines Selbst eingeht, eine elementare Grundform annehmen sahen, woraus sie durch Umwandlung in die bestimmte, jeder verschiedenen Materie eigenthümliche Molecularform übergeht. Auf solche Weise in sich atomisirt zu sein, erschien uns als der wesentliche Charakter der organischen Masse [1]) und als der Hauptunterschied zwischen ihr

1) Nur beiläufig füge ich noch die Bemerkung hinzu, daß alle organischen Flüssigkeiten, die zur Produktion neuer organischer Gewebe benutzt werden, und keine Auswurfsstoffe sind, in sich Molecularkörper enthalten, welche zur Einleitung jener Verwandlung der Flüssigkeit in feste Masse durch Zellenbildung bestimmt zu sein scheinen.

und der anorganischen Substanz, insofern letztere stets homogen ist und nie aus endlich begrenzten, gleichen oder ungleichen Theilen besteht. —

Als Grundform aller organischen Materie erkannten wir (S. 280, 290) die Zelle, ein Körperchen, gebildet aus einer weichen elastischen in sich geschlossenen Haut, die unverarbeitete, noch nicht organisch gewordene Flüssigkeit umschließt. Eine solche Zelle ist aber selbst kein ursprüngliches Atom, sondern sie entsteht erst in der homogenen Grundlage durch Atomisirung der letzteren, indem sich mittelst eines noch nicht gehörig aufgeklärten Processes [2]) primitive Kügelchen, viel kleiner als die Zellen bilden, um welche eine Haut aus der Flüssigkeit sich gestaltet. Diese Haut wächst und saugt, wie alle organische Membranen [3]), die Flüssigkeit ihrer Umgebung in sich auf; sie dehnt sich in Folge dieser Aufsaugung so weit aus, wie es ihre Elasticität verstattet, bis die Zelle fertig ist. Dann bleibt sie entweder so, oder vergrößert sich noch ferner durch Ernährung der Membran, und läßt neue Zellen in ihrem Innern entstehen.

Dieser einfache Hergang gilt in gleicher Weise für alle organischen Körper; er macht also keinen Unterschied zwischen Pflanze und Thier, sondern beweist vielmehr ihre ursprüngliche Affinität aufs Klarste. Aber die uranfängliche Gleichheit der Idee des Organismus, welche beiden Reichen zum Grunde liegt, soll in einen Gegensatz aufgelöst werden, und dies kann bei ursprünglicher Identität immer nur durch antithetische Entwickelung der gleichartigen Grundlage bewirkt werden. Daher begegnen wir einer solchen Entwickelung der Zellengrundform in beiden Reichen, denn nur die allerunvollkommensten Gewächse bestehen aus lauter gleichen Zellen; aber ein Unterschied findet in dieser Entwickelung der Zellen auch für das Thierreich und Pflanzenreich statt. Im Pflanzenreich bleibt die Zelle, mag sie ihre Form auch noch so sehr ändern, immer Zelle, selbstständig begrenzter und selbstständig thätiger Theil, der fortfährt, durch Endosmose und Exosmose sich selbst zu ernähren, und seinen Nachbarn die Nahrungsstoffe darzubieten, da auch sie in einer ähnlichen Thätigkeit begriffen sind. Zwar vereinigen sich einige Zellen zu Röhren, indem ihre Scheidewände an den verwachsenen Endpunkten schwinden, und die Höhlen vieler Zellen in eine gemeinsame zusammenfließen; allein dieser ganze Connex ist nun als eine einzige große Zelle zu betrachten, die doch irgendwo abgeschlossen, sich nur sehr lang ausgezogen hat; vielleicht um durch Wegnahme der Scheidewände die schnellere Verbreitung der Flüssigkeit in ihr zu bewirken. Sie bleibt dabei immer

---

2) Man behauptet, daß diese primitiven Kügelchen Fetttropfen seien, welche durch ihre bloße Berührung das Eiweiß in eine Haut verwandeln sollen.

3) Den Aufsaugungsproceß der organischen Membranen und die Durchschwitzungsfähigkeit bezeichnet man mit den Kunstausdrücken Endosmose und Exosmose; beide Fähigkeiten sind allen organischen Häuten eigen, sie bedingen die Ernährung und das Leben des ganzen Organismus.

eine selbstständig thätige Zelle, die ihre Nachbarn als Hebel für die eigene Existenz benutzt. Aus diesem Grunde giebt es an der Pflanze keinen andern Herd des Lebens, keinen Brennpunkt der Thätigkeiten und Verrichtungen, durch dessen Wegnahme die Existenz des ganzen Individuums beeinträchtigt oder zerstört würde, als die ganze Schicht eben jetzt selbstthätiger Zellen; deren Entfernung aber in der Regel nicht leicht ist. Die Pflanze besitzt keine mit besonderen Verrichtungen begabten Ernährungsorgane, in deren Thätigkeiten sich das ganze Ernährungsgeschäft theilte, wie es beim Thier der Fall ist; sondern jede Zelle sorgt für sich, und dadurch erhält sich die Verbindung aller. Die äußersten Zellen der Oberfläche, die Enden der Wurzel, saugen eben so ein, wie die Zellen im Innern der Pflanze, und sind bloß durch ihre Lage nach außen zur Aufnahme der frischen Nahrungsmittel bestimmt, im Uebrigen aber weder Mund, noch Magen, noch Darm, noch Lunge; Organe, die beim Thier das Nahrungsgeschäft durch ihre in einander greifenden verschiedenen Thätigkeiten bewirken. — Zugleich finden wir in dieser Einrichtung der Pflanze die Erklärung, warum sich einzelne Theile derselben abschneiden und durch künstliche Vorrichtungen zu einem neuen Individuum bestimmen lassen; indem nämlich jeder Theil des Gewächses, woran Achse und peripherische Radien sich befinden, Alles enthält, was zum Dasein und zur Fortdauer eines Individuums nöthig ist.

Nur sehr wenige Thiere lassen sich auf eine ähnliche Weise vervielfältigen, bestehen aber dennoch aus ganz anderen, von den Zellen des Pflanzenkörpers höchst verschiedenen Grundlagen. Zwar sind auch an jedem Thiere alle materiellen Bestandtheile anfangs einmal Zellen gewesen, aber die meisten haben ihre ursprüngliche Zellennatur abgelegt und damit die Selbstständigkeit des Daseins verloren. Diese Umwandlung der Zellen in andere differente Atome ist der wichtigste materielle Charakter des thierischen Wesens, es bringt den innigsten Zusammenhang aller Theile als Glieder eines untheilbaren Ganzen mit sich, und bewirkt die Sonderung der großen einfachen Bedürfnisse in viele untergeordnete, nie selbstständige Verrichtungen. Während wir bei den Pflanzen in allen Organen Zellen und Zellgewebe wiederfinden, stoßen wir bei den Thieren nur sehr selten auf wirkliches unverändertes Zellgewebe, sondern begegnen vielmehr eigenthümlichen, abweichend gestalteten Molecularformen, deren erster primärer Zustand nur vorübergehend die Zelle gewesen ist. Die Unterschiede dieser abgeleiteten Moleculargebilde richten sich nach den Thätigkeiten der Organe, in denen sie enthalten sind; jedes selbstständige Organ, das eine eigene, nur ihm zugetheilte Verrichtung besitzt, hat auch eine eigenthümliche Form seiner Molecüle oder Atome, und kann mit Leichtigkeit an der constanten Form seines Gewebes erkannt werden. Wollen wir diesen Unterschieden einige Aufmerksamkeit schenken, um wenigstens, so weit es im Kurzen möglich ist, einen Blick zu thun in das innerste Wesen der thierischen Organisation, so müssen wir zunächst die Modificationsarten aufsuchen, welche die

Zellen im Thierreiche erleiden. Wir finden dann in den Organen aller rein thierischen Verrichtungen (animale Organe) die materielle Grundlage in feine Fasern aufgelöst, welche je nach ihrer Bestimmung als Bewegungsfaser (Muskelfiber) oder Empfindungsfaser (Nervenfaser) sich auch materiell und formell von einander unterscheiden. Dagegen treten in allen Organen, deren Verrichtungen die Thiere mit den Pflanzen theilen (vegetative oder Vegetationsorgane), die materiellen Grundbeständе nicht isolirt und in einfacher Form auf, sondern mehrfach mit einander verbunden und nach bestimmten Gesetzen an einander gefügt. Deshalb sind die Ernährungs- und Fortpflanzungsorgane keine einfachen soliden Körper, die aus gleichartigen Molecülen beständen, wie Muskeln und Nerven; sondern sie sind Höhlen und Röhren im Innern des Thieres, welche von verschiedenen über einander liegenden hautartigen Ausbreitungen der Gewebe umgeben werden, und in der Regel einen Zugang nach außen haben, durch den sie die Gegenstände ihrer Thätigkeiten empfangen oder entfernen, je nachdem sie zur Aufnahme oder Ausscheidung bestimmt sind. Die innerste, oberflächliche Lage dieser Höhlungen besteht überall aus wenig modificirten, innig an einander gefügten Zellen, welche durch fortdauernde Bildung neuer Zellen unter den alten absterbenden und abfallenden frisch und gesund erhalten wird, in sich aber nur pflanzlich lebt, also auch keine eigne Empfindung hat. Sie heißt Oberhaut oder Epitelium, und ist mit ihren örtlichen Modificationen, wohin alle Horngewebe, z. B. die Nägel der Zehen, selbst die Zähne gehören[4]), das einzige Gebilde des thierischen Leibes, worin die ursprüngliche Zellennatur sich dauernd erhält, daher sie auch am meisten dem Pflanzengewebe ähnelt, und an vielen Stellen, an den Haaren, Nägeln, pflanzlich fortwächst, indem unter ihr liegende lebendige Theile (die sogenannte Matrix) stets neue Schichten bilden und den früheren Absatz verdicken oder heraustreiben. Unter dem Epitelium folgt eine zweite, aus elastischen Fasern oder Zellgewebe gebildete Schicht, welche im Thierreiche überall zum Einhüllen anderer Organe benutzt wird, hier namentlich den Blutgefäßen und Nerven als Stütze dient, und durchaus nicht mit dem pflanzlichen Zellgewebe im Bau übereinstimmt. Sie ist ein lockeres Fasergewebe mit mannigfachen Lücken, die erste in sich empfindliche Haut der Vegetationsorgane, die Trägerin der Farben an der Oberfläche, und die Matrix des sie bedeckenden Epiteliums. Hat ein Vegetationsorgan irgend eine selbstständige, ihm zu seiner Verrichtung nothwendige Bewegung, so folgt unter der zweiten Haut eine dritte, aus Muskelfasern gebildete Schicht, von welcher die Bewegung ausgeht. Diese Mus-

4) Man wird mir einwenden wollen, daß die Zähne nicht ohne Empfindung seien, sondern gerade sie die heftigsten Schmerzen machen; allein der Zahn an sich schmerzt nicht, sondern der Nerv, welcher in ihn eindringt. Der Zahn selbst kann gefeilt werden, wie der Nagel geschnitten wird, ohne andere Empfindung, als die durch Mittheilung auf die benachbarten Nerven hervorgebrachte.

kellage besitzt je nach der Kraft, welche sie hervorbringen soll, eine verschiedene Stärke, ist am Magen vieler Vögel und am Herzen auffallend dick, und kann in ihrer überall als Zusammenziehung mit darauf folgender Erschlaffung und Ausdehnung erscheinenden Thätigkeit durch den Willen des Thieres nicht gehemmt werden; sie bestimmt sich selbst, und ihre Bewegung heißt deshalb automatisch. Unter der Muskelhaut, die also nur denjenigen Vegetationsorganen zukommt, welche automatische Bewegungen äußern, folgt wieder Zellgewebe oder, falls das Vegetationsorgan in einer Höhle des Körpers frei hängt, eine sehr zarte feine Haut, die nicht bloß aus Zellen besteht, obgleich sie einen Epitelialüberzug besitzt, sondern eine lokale Modification des thierischen Zellgewebes zu sein scheint. Sie haucht eine wässerige Feuchtigkeit in Dunstform aus, wird dadurch höchst glatt oder schlüpfrig, und wegen ihrer Ausscheidung eine serose Membran genannt. Nimmt nämlich jene Feuchtigkeit, in Masse ausgeschieden, die tropfbare Form an, so führt sie den Namen Serum[5]). Aus solchen Grundbestandtheilen sind die Ernährungs- und Fortpflanzungsorgane der Thiere gebildet. Wie einfach und gleichartig in der materiellen Grundlage hiernach diese Organe zu sein scheinen, eben so verschieden zeigen sie sich in ihrer formellen Ausführung bei den einzelnen Klassen des Thierreichs; daher eine allgemeine Schilderung der letzteren, wenn sie nicht zu einer speziellen Darstellung der thierischen Organisation werden soll, kaum tiefer in die Untersuchung der Formen aller einzelnen Organe eingehen kann. Wir begnügen uns also mit dem bloßen Resultate, welches im Gegensatz gegen die Natur der Pflanzen von Wichtigkeit ist, indem es uns lehrt, daß beim Thier kein Theil seines Körpers ein für sich bestehendes Leben führt, sondern das Ganze lediglich durch das Ineinandergreifen von Theilen, die alle zu ihm in einem untergeordneten Verhältnisse stehen, erhalten wird. Je complicirter diese Anlage ist, um so höher erhebt sich die thierische Natur in ihrem eigenthümlichen Wesen, um so inniger werden die Beziehungen der Theile unter sich und zum Ganzen; daher es uns nicht verstattet ist, einzelne Theile des thierischen Körpers abzulösen und sie zu einem individuellen Dasein zu bestimmen, es sei denn, daß in einem solchen Theile alle wesentlichen Organe des thierischen Lebens sich befänden. Thiere der unvollkommensten Art, in denen die Trennung der Organe aus uranfänglichen Grundformen noch nicht zum Durchbruche gekommen ist, lassen einen solchen Fall zu; sie vermehren sich auch wirklich durch Ablösung einzelner Stücke ihres Körpers. Selbst die homonomen Typen der Gliederthiere, deren Körper aus unendlichen gleichen Theilen, die in sich eben der Gleichheit wegen alle substanziellen und formellen Grundbestandtheile der Thiere

5) Alle unter dem Namen Wassersuchten bekannten Krankheiten beruhen auf übermäßiger Ausscheidung von Serum durch das Zellgewebe und die serosen Häute; sie beweisen zugleich die Identität beider thierischen Gewebe.

wiederholen, besteht, können durch Trennung in mehrere Abschnitte zu mehreren Individuen werden, aber mit dem Charakter der Heteronomität hört diese Fähigkeit auf, und kein Theil kann von jetzt an abgelöst ein individuelles Dasein fortsetzen. Alsdann ist auch die Sonderung wesentlicher Organe vom Körper eben so gefährlich, wie ihre bloße Verletzung; sie zieht in allen Fällen, wo das betroffene Organ ein Grundmoment des thierischen Lebens ausmacht, und seine Stelle nicht durch andere Organe vertreten werden kann, den Tod des Individuums als unausbleibliche Folge nach sich. In der Regel sind es die Centra der Empfindungs- und Ernährungsorgane, welche eine so große Bedeutung auf die Existenz des Individuums ausüben, und nicht ohne Nachtheil beeinträchtigt werden können; während die Bewegungs- und Fortpflanzungsorgane nie gleich wichtige Rollen im Haushalte des Individuums spielen, daher ihre Verletzung nur dann letal wird, wenn zugleich wichtige Theile der Ernährungs- und Empfindungsorgane mit betroffen wurden. Kleinere Verletzungen gleicht übrigens die producirende Kraft des Lebens durch den periodischen Stoffwechsel in allen Organen wieder aus, allein größere Verluste können nur von unvollkommenen Geschöpfen an einzelnen, zumal an Bewegungsorganen, wieder hergestellt werden. —

Wir sind nach diesen Bemerkungen über die formellen, materiellen und funktionellen Unterschiede des Thier- und Pflanzenreiches zur näheren Untersuchung derjenigen formellen Verschiedenheiten vorbereitet, welche innerhalb eines jeden von beiden Reichen wirklich sich finden, und können daher die Betrachtung der systematischen Anordnung beginnen. In ihr erkennen wir die wirklichen Unterschiede der Organismen in einer Folge, wie sie die Natur uns selbst vorlegt, während jene früheren Betrachtungen uns bloß die Methode angaben, welche bei Darstellung der Mannigfaltigkeit befolgt ist. Denn es scheint, außer diesem Grundmoment der Differenzirung, immer noch ein zweites Moment auf die wirklichen Formen der Organismen seinen Einfluß ausgeübt und wesentlich zur Annahme der jedesmaligen bestimmten Form beigetragen zu haben. Dieses Moment liegt in der Umgebung der einzelnen Naturkörper bei ihrem ersten Entstehen, und verhält sich wie ein Stempel, durch dessen eigenthümliche Einwirkungen seiner bis dahin allgemein typischen Idee ein bestimmter Charakter aufgedrückt wurde. Klima, Boden, Feuchtigkeitsgrade der Atmosphäre, Lebensweise, Nahrungsmittel sind solche Agenten, deren Einfluß hinreichend aus den abweichenden Formen derjenigen Organismen erkannt werden kann, welche, gleich dem menschlichen, allen Mannigfaltigkeiten derselben ausgesetzt sind. Wenn demnach der Typus oder der Grundgedanke auch in den verschiedenen Menschenformen derselbe ist, so erscheinen uns die Völker der Erde doch eben dieser Einflüsse wegen höchst ungleich, und beweisen unumstößlich die Macht der Verhältnisse über den idealen Grundriß, der in allen gleichmäßig enthalten ist. Je allgemeiner dieser Grundriß gefaßt wurde, je weniger Bestimmungsstücke

ihn zusammensetzen, um so größer ist die Freiheit der Modification durch äußere Agenten, und darum konnte der höchst concrete menschliche Typus nur in einigen unwesentlichen Momenten, wie in der Größe, Farbe und Relation der Theile durch diese Einflüsse modificirt werden, während minder concrete Formen ihnen einen größeren Spielraum verstatteten. Ja selbst dann äußert sich diese Einwirkung noch, wenn die bestimmte Form schon durch solche lokale Einflüsse hervorgerufen ist, und der entstandene Typus nun anderen Einflüssen sich aussetzt; allein in allen solchen Fällen ist die Wirkung geringer. Wenn wir daher die verschiedenen Arten des Katzengeschlechtes als Produkte solcher äußeren Einflüsse auf die Idee Katze, welche in allen enthalten ist, ansehen, und die Mannigfaltigkeit der Artunterschiede aus der Menge von äußeren Einflüssen herleiten, unter denen Katzen auf der ganzen Oberfläche der Erde entstanden; so sehen wir dennoch unsere Hauskatze nie in der heißen Zone zum Löwen oder Tiger werden, weil sie schon einen bestimmten Artcharakter durch andere Einflüsse im Moment ihrer Entstehung erhielt. Diesen Charakter behauptet sie, da er ihre wesentlichste Eigenthümlichkeit ist, unter allen Umständen, und ändert ihn durch verschiedene Einflüsse nur in einzelnen weniger wichtigen Momenten. Hierbei gilt ferner als Grundsatz, der in allen Fällen sich wiederholt, daß die markirtere Individualität auch das größere Bestreben sich zu behaupten äußert, und weil im Katzengeschlecht der Arttypus viel greller auftritt, als z. B. im Hundegeschlecht, so erklärt es sich schon daraus, warum der Haushund mehr zur Abänderung seines Typus neigen mußte, als die Hauskatze. Auch die Nationen bestätigen diese Regel. Juden und Neger behielten ihren nationalen Charakter, trotz dem ändernden Einflusse der Zonen, weil er viel greller ist, als der nationale Typus indogermanischer Völker, bei denen die Neigung zu Variationen schon deshalb größer sein wird, als bei anderen Völkerstämmen, weil in ihnen die ideale Grundform des Menschen sich am reinsten erhalten hat, also durch keine hervorragende Eigenthümlichkeit abgeändert ist. —

Die Eigenschaften, welche von den äußeren Einflüssen herrühren, sind übrigens immer die letzten und subtilsten Unterschiede, und können bei einer allgemeinen Betrachtung des Thier- und Pflanzenreiches nur sehr wenig in Erwägung gezogen werden. Allein für unseren Zweck haben sie dennoch eine hohe Bedeutung, weil sie einen großen Theil der Eigenthümlichkeiten aller älteren untergegangenen Geschöpfe erklären. Auch zeugt gerade die übrige typische Identität dieser Geschöpfe mit gegenwärtigen für die Richtigkeit der ganzen Ansicht und läßt uns keinen Zweifel mehr an der Uebereinstimmung des Planes, nach welchem die damaligen Organismen geschaffen wurden, mit dem gegenwärtigen Ideengange der Organisation. Im Allgemeinen ist übrigens die Mannigfaltigkeit jener ältesten Geschöpfe geringer, die Menge der einzelnen Individuen aber oft beträchtlicher und größer; Eigenschaften, die sich leicht als Resultate damaliger äußerer Ver-

hältnisse nachweisen lassen, in so fern die Mannigfaltigkeit der äußeren Medien, welche der Gegenwart zukommt, und ganz besonders die Unterschiede der Zonen, noch nicht so groß waren, die Nährkraft des Bodens aber für jedes einzelne Individuum schon deshalb stärker sein konnte, weil er weniger Formen zu versorgen und in ihren Bedürfnissen zu unterstützen hatte. Im Ganzen mag die Masse des organischen Stoffes relativ selbst etwas größer gewesen sein als jetzt, aber seine Vertheilung war sicher eine andere. Wenige groteske Pflanzenformen bekleideten damals in reichlicher Fülle der Individuen zu einander gesellt das erste trocken gelegte Erdreich, und bewirkten durch ihre allgemeine Uebereinstimmung einen stets gleichen Anschein. Kein Säugethier bewohnte diese Wälder, kein Vogel umkreiste die Wipfel der Bäume, lautlos lag die ganze Schöpfung im morgenlichen Schlummer, denn kein der Stimme fähiges Geschöpf hatte sich bis dahin der Erde entwunden. Stumme Wasserbewohner umgaben, größtentheils aller schnellen Bewegungen beraubt, im Schneckengange dahin kriechend oder ganz ruhend jene ältesten Inseln, die noch keinen Fruchtbaum trugen, keine Blumen entwickeln konnten; und wenn wirklich eine schleichende Eidechse in diesen Gebüschen lebte, so mußte sie umherlauschen und aus den Meergeschöpfen mühsam ihre Nahrung sich auffischen. Denn sie war, so scheint es, der einzige größere Bewohner jener bewaldeten Eilande im unabsehbaren Weltmeer.

Aber wir vergessen, daß es noch nicht unsere Aufgabe sein kann, die verschiedenen Schöpfungsperioden nach ihren Organismen zu schildern, weil wir uns noch nicht mit den Gestalten selbst bekannt gemacht haben, deren modificirte Abbilder wir in ihnen bewundern wollen. Darum müssen wir zunächst die systematische Darstellung der Thier- und Pflanzenformen nach ihren Haupttypen hier folgen lassen [6]. —

Das P f l a n z e n r e i c h nimmt, wie überall, so auch im System, den einfacheren Entwickelungsgang, und kann in gedrängter Kürze übersichtlich genug dargestellt werden. Es beginnt in seinen untersten Gliedern mit Gewächsen, die aus lauter gleichen Zellen bestehen, und durchaus keinen Gegensatz von Achse und peripherischen Radien entwickeln. Diese Gewächse bilden die niedrigste Stufe der Organisation; denn sie haben nicht bloß keinen Stamm und keine Blätter, sondern auch keine Zweige, keine Blumen, keine Früchte und keine Samen; weil alle diese Bestandtheile höherer Gewächse bloße Modifikationen der Achse und der Radien sind. Fehlt also schon der Unterschied von Stamm und Blatt, so fehlen auch sicher die daraus

6) Eine bildliche Darstellung der erwähnten Hauptformen im Texte würde zu umfassend werden, daher sie unterbleiben mußte. Für das hier gesteckte Ziel der Betrachtung möchten die Botanischen Abbildungen, welche auf 44 Tafeln bei G. Reimer in Berlin (1845. 4.) erschienen sind, genügen. Der Leser wird bei ihrer Einsicht wenigstens die charakteristischen Organe aller erwähnten Gewächse näher kennen lernen. —

abgeleiteten Theile; die Pflanze kann sich nur durch Ablösung einzelner Zellen ihres Gewebes vermehren, und thut das in der That. Solche Zellen nennt man Sporen. Drei bekannte Gruppen des Pflanzenreiches, die Pilze, Algen oder Wasserfäden und die Flechten, machen den Inhalt der blattlosen Gewächse (Pl. aphyllae) aus. Bei den Pilzen, die nur in der Luft, aber an feuchten Orten, am liebsten im Finstern gedeihen, ist der Typus massig, kugelig, kolbig, endlich schirmförmig; bei den Algen und Flechten neigt er zu blattförmigen Ausbreitungen. Dort ist die Form der Pflanzenachse allein mannigfach dargestellt, hier der Typus ihrer peripherischen Radien. Algen gedeihen nur im Wasser, Flechten nur im Trocknen; jene bevölkern das Weltmeer und die Binnengewässer mit den ersten pflanzlichen Organismen, diese den nackten Felsen und das harte ausgedörrte Erdreich des Festlandes. Pilze dagegen sind an andere Organismen gebunden und entstehen am liebsten auf deren Leichen und Excrementen. Schon deshalb waren wohl Algen und Flechten, wie sie noch jetzt als erste organische Gebilde da auftreten, wo bisher kein organisches Leben gedeihen konnte, die ältesten und ersten Spuren des Pflanzenreiches.

Hat die Natur ihre Mannigfaltigkeit in den zahlreichen Mitgliedern jener drei Gruppen genugsam an den Tag gelegt, so beginnt sie die Darstellung vollkommnerer Gewächse unter der Form von Achse und Radien, zunächst aber die Radien auf ihre ersten Grundtypen, die einfachen Stammradien oder Blätter, beschränkend. Den Pflanzen dieser zweiten Stufe fehlen in gleicher Art die Blumen, Früchte und Samen, aber ihre Fortpflanzung geschieht erst durch Sporen, welche in besondern Kapseln sich bilden, obgleich ihre Substanz, ganz wie bei den vorigen, einfaches homogenes nur mehr geregeltes Zellgewebe ist. Solche Gewächse sind die Moose, eine durch Kleinheit der Umrisse, Zartheit des Gefüges und Zierlichkeit in den Formen ausgezeichnete Gruppe, deren Aufenthaltsorte mit denen der Flechten und Süßwasseralgen oder Conferven dieselben zu sein pflegen. Eins ihrer Mitglieder, das Torfmoos, spielt im Haushalte der Natur eine wichtige Rolle.

Bis dahin erleiden die Zellen des Pflanzenkörpers keine wesentlichen Modificationen, sie erscheinen überall im ganzen Gewächs so ziemlich unter derselben Form; allein die einfache Homogenität genügt für die zusammengesetzten Processe höherer Gewächse nicht mehr. Daher treffen wir von jetzt an, neben dem unveränderten Zellgewebe, Bündel langgestreckter Zellen, welche andere eigenthümliche, durch faserförmige Gebilde, die ihre inneren Wände überkleiden, ausgezeichnete Zellen (sogenannte Spiralgefäße, Treppengänge und punktirte Gefäße) zwischen sich nehmen, und z. Th. eine sehr große Festigkeit durch schichtweise Verdickung ihrer Membranen bekommen. Die Bündel bewirken die Festigkeit der Pflanzensubstanz und heißen Holzbündel, auch wohl Gefäßbündel, weil man früher ihre Be-

standtheile für Gefäße oder Röhren hielt, was sie indeß ursprünglich nie sind, sondern höchstens durch Schwinden der Scheidewände zwischen den Zellen nach und nach werden. Ihre Anwesenheit im Stamm und den Blättern bedingt eine dritte Hauptgruppe des Pflanzenreiches, wenn zugleich beide Grundbestandtheile des Pflanzenkörpers, die Achse und die Radien, allein vorhanden sind, alle höheren Potenzen der letzteren aber, also Blumen, Früchte und Samen, noch fehlen. Diese Gewächse heißen Gefäßpflanzen ohne Samen (Pl. vasculares acotyledoneae) und bilden gleich den Moosen nur Sporen, welche in eigenthümlich geformten Kapseln stecken. Stehen die Kapseln an der Achse, so erhält man die Gruppe der Caulocarpae, stehen sie an den Radien, die der Phyllocarpae. Beide Pflanzenfamilien sind von großer Bedeutung in der Vorwelt gewesen, und haben eine Zeit lang die Hauptrepräsentanten der gesammten Vegetation ausgemacht. Gegenwärtig erreicht nur die zweite noch baumartige Formen, aber bloß zwischen den Tropen; bei uns sind sie auf die unscheinbaren Formen der Schachtelhalme (Equisetum) und Waldfarrenkräuter (Filices) beschränkt.

Mit dem Auftreten der Blattmetamorphose zur Blume beginnt nun die höhere Darstellung des Pflanzenreiches in der folgenden vierten Hauptgruppe. Die Mitglieder derselben bestehen in ihrem Innern aus Zellgewebe und Holz- oder Gefäßbündeln, zeigen äußerlich Achse und Radien, zugleich aber modificirte Nebenachsen oder Blumen. Ihnen kommen auch Früchte und wahre Samen zu. Der Bau des letzteren giebt am bestimmtesten diejenige Eigenthümlichkeit an, welche die Hauptunterschiede der formellen Mannigfaltigkeit fernerhin kenntlich macht. Wir sehen nämlich den Keim des jungen Pflänzchens im Samen, den Embryo, entweder von einem einfachen Hüllblatt (Samenlappen, Cotyledon) umschlossen, oder von zweien, selbst mehreren, opponenten. Hiernach unterscheidet man alle höheren Gewächse als Monocotyledonen und Dicotyledonen. Die Monocotyledonen, deren Mitglieder den Inhalt der vierten Entwickelungsstufe des Pflanzenreiches ausmachen, haben zerstreute Gefäßbündel im Stamm, und in der Regel keine einfachen Nebenachsen oder Zweige; ihre Blätter bieten keinen deutlichen Gegensatz des Baues zwischen oberer und unterer Fläche dar, und zeigen nur sehr selten hervorragende verästelte Rippen oder Ausbreitungen der in ihnen enthaltenen Gefäßbündel; sie brechen nicht an bestimmten Stellen der Achse ab, sondern vertrocknen langsam von der Spitze zur Basis hin; in ihren Blumen fehlt gewöhnlich ein bestimmter Unterschied zwischen Kelch und Krone; das Zahlenverhältniß ist meistens die Dreizahl, der Keim endlich hat, wie schon erwähnt wurde, nur einen Samenlappen. Gräser, Palmen, Liliengewächse und Musaceen machen die Haupttypen dieser großen, gegenwärtig der Tropenzone in ihren meisten und schönsten Formen überwiesenen Gruppe des Pflanzenreiches aus, sie erreichen damit eben so viele Steige-

rungen der Idee, welche den Monocotyledonen inwohnt, zu höheren Potenzen. Bei den Gräsern erscheint die Blume auf ihrer untersten Stufe, ohne gefärbte Hüllen, noch irregulär, und ihre Radien sind von der Blattbildung des Stammes nicht wesentlich verschieden; die Früchte sind einsamig, der Stengel ist lückenhaft und meist hohl. Auffallend widerspricht dieser unvollkommenen Ausführung die hohe Bedeutung, welche die Gräser im Haushalte der Natur spielen; denn ohne Zweifel sind sie in ihren verschiedenen Theilen die Hauptnahrung aller von Pflanzen sich nährenden thierischen Wesen. Auch der Mensch dankt ihnen das vollendetere Dasein der Gesittung, da alle Kultur mit dem Ackerbau ihren Anfang nimmt. Palmen, durch hohe schlanke Achsen, prachtvoll gestaltete Blätter, aber ungefärbte Blüthen und zum Theil brauchbare Früchte (Datteln, Cocosnüsse) ausgezeichnet, schließen sich auch mit ihrem Mehlgehalt (Sago) den Gräsern an, stehen aber durch reguläre Blumen wie durch die ganze Bildung der Achse und Radien höher als die letzteren. Sie sind Kinder der Tropen, erfüllen das ungewohnte Auge mit Staunen und Bewunderung, aber weichen in ihrer Bedeutung für das Menschengeschlecht den Gräsern in Allem. Liliengewächse, diese Freunde und Lieblinge der Menschheit von jeher, so weit die Geschichte reicht, haben in den regulären, prächtig gefärbten Blüthen jene Zierden von der Natur erhalten, deren Anblick uns so wohl gefällt; aber Stamm und Radien stehen hinter den Palmenformen zurück, und keine eßbare Frucht, kaum ein nahrhafter Stoff, entwächst ihren Keimen. Sie wurden nur zur Freude, zur Lust geschaffen und bekleideten mit glänzenden Hüllen den Mangel inneren Gehaltes, der auch unter uns nur selten mit freundlichen Blicken oder schönen Zügen sich paart, und dann eine unwiderstehliche Gewalt über die Herzen seiner Umgebung auszuüben pflegt. Endlich die Musaceen stehen den Liliaceen nahe, denn auch ihre Blüthen gehören zu den prachtvollsten; aber die irreguläre, zum Theil symmetrische Entwickelung derselben und das Verkümmern einzelner innerer Theile bietet dem Kenner auffallende Unterschiede dar. Gleich den Palmen an die Tropen gefesselt, sind sie den Augen der Europäer größtentheils unbekannt, spielen aber in ihrer Heimath eine wichtige Rolle, da der Hauptrepräsentant unter ihnen, der Bananenbaum (Musa sapientum), durch einen massigen Stamm, Größe der Blätter, Farbenpracht der Blume und wohlschmeckende nährende Früchte alle die Gaben von der Natur zugleich erhielt, welche Gräsern, Palmen und Liliengewächsen einzeln zukommen und sie dem Menschengeschlecht werth machen. Der Bananenbaum ist daher der König des monocotyledonischen Reiches, zugleich aber der verzärteltste Sohn des Himmels, denn nur an geeigneten Stellen der heißesten tropischen Sonnengluth ausgesetzt, gedeiht er vollkommen.

Die letzte oder fünfte Stufe des Gewächsreiches, die Dicotyledonen umfassend, zeigt sich in allen Theilen geregelter angelegt und hat schon

dadurch vor den Monocotyledonen den Vorzug. In ihrem Stamm stehen die Gefäß- und Holzbündel nach bestimmten Gesetzen, beschreiben Kreise, und verwachsen später zu geschlossenen Ringen, die periodisch gebildet als Jahresringe das Alter des Baumes angeben. Dadurch erhält der Stamm einen Unterschied von Rinde, Splint, Holz und Mark, als eben so viel von außen nach innen auf einander folgende Schichten, welche den Monocotyledonen nicht zukommen. In der Regel haben sie Aeste, und ihre Blätter zeigen hervorragende, verästelte netzförmige Rippen, welche den Unterschied von unterer und oberer Blattfläche unterstützen. An den Blumen lassen sich Kelch und Krone gewöhnlich leicht durch die bloße Farbe unterscheiden, und ihr Same enthält einen Keim, der mindestens von zwei Samenlappen umschlossen ist. Trotz dieser eingreifenden und wesentlichen Verschiedenheit durchlaufen die Dicotyledonen einen ähnlichen Entwickelungsgang, und zeigen uns namentlich in den Blumen einen dreifachen, charakteristischen Unterschied. —

Bei der ersten Unterabtheilung oder Klasse fehlt die innere gefärbte Blumenhülle, die Krone, und der Kelch ist allein vorhanden; man nennt sie Apetalae, weil petalum der Kunstausdruck für das Blumenblatt ist. Viele von ihnen bilden bloß Staubgefäße oder bloß Stempel in einer und derselben Blume, und tragen zwiefach verschiedene Blüthen (Pl. diclineae), welche bald auf demselben Stamm neben einander stehen (Pl. monoecae), bald sogar auf verschiedenen Stämmen (Pl. dioecae). Für den ersten Fall liefern Eichen, Buchen, Haselnüsse und Wallnüsse, für den zweiten Pappeln und Weiden bekannte Beispiele. Nicht hiernach, sondern nach der Trennung der Geschlechter in verschiedene Blumen überhaupt theilt man sie ein. Zu den diklinischen Gewächsen, bei denen also eine Blume immer nur Staubgefäße enthält, während die andere die Stempel trägt, gehören die Nadelhölzer (Coniferae) und Laubhölzer (Amentaceae) der gemäßigten Zone, nebst den Brennnesseln (Urticeae) und wolfsmilchartigen Pflanzen (Euphorbiaceae); beide bei uns zwar nur Kräuter, in der Tropenzone aber Bäume. Wer kennt nicht die Feige und den Maulbeerbaum, aber nur Botaniker wissen, daß sie in Blume und Frucht mit den gemeinen Brennnesseln am nächsten verwandt sind. Die Euphorbien, durch ihren scharfen Milchsaft ausgezeichnet, erreichen ebenfalls baumartige Größen in heißen Gegenden und liefern, gleich Urticeen, Arzneimittel oder andere brauchbare Stoffe, z. B. Kautschuck. Die heftigsten Gifte des Pflanzenreichs stammen außerdem von Mitgliedern beider Familien. Wichtiger sind ohne Frage die Nadel- und Laubhölzer, Pflanzengruppen, die an Bedeutung für die Wohlfahrt und das Gedeihen der Menschheit, durch die Mittel, welche sie dem Verkehr der Nationen im Großen und im Kleinen darbieten, zu den uns nothwendigsten Produkten der Schöpfung gehören, und höchstens an Werth von den Cerealien und Gräsern überhaupt übertroffen werden. In ihnen hat der Norden

seine Wohlhäbigkeit, die gemäßigte Zone einen Theil ihres Reichthums begründet, Kultur und Luxus überall ihre Stützen und Träger gefunden. Die monoklinischen Gewächse, deren Blumen Staubgefäße und Stempel zugleich tragen, und deshalb Zwitterblumen heißen, enthalten keine so wichtigen Familien. Die Melden (Chenopodieae) und Buchwaizen (Polygoneae) liefern dem Menschen Nahrungsstoffe, die Lorbeerbäume (Laurineae) gewürzhafte Stoffe; aber alle stehen an Bedeutung den Diklinisten nach. Bei vielen Monoklinisten nimmt übrigens der Kelch eine bunte Farbe an und ähnelt dann der Blumenkrone, ohne selbst Krone zu sein. Solche buntfarbige Blüthen, zu denen u. a. der Hahnenkamm als eine der bekanntesten gehört, zieht man auch im Garten; selbst die Blüthe des Lorbeerbaums hat einen gefärbten, aber weißen Kelch.

Die zweite Klasse der Dicotyledonen besitzt zwar eine eigenthümlich gefärbte Krone, allein ihre Blätter sind zu einem Rohr, einer Tute oder einem Trichter verbunden, und höchstens am äußern Umfange der Krone wirklich getheilt. Man nennt diese Gewächse Monopetalae, und unterscheidet zwei Gruppen auch unter ihnen, je nachdem die Krone frei an der Blumenachse sitzt (Thalamanthae) oder am Kelche (Calycanthae). Zur ersten Abtheilung gehören fast nur zarte krautartige Pflanzen mit einjährigen, oft sehr kurzen Stengeln, deren zierliche und hübsche Blumen uns indeß wieder viele Theilnahme zu entlocken pflegen. Die Schlüsselblumen (Primulaceae), die löwenmaulartigen Pflanzen (Personatae), die gewürzhaften Münzgewächse (Labiatae), beide mit symmetrischen zweilippigen Blumen, die allgemein beliebten Mauseöhrchen oder Vergißmeinnichtpflänzchen (Asperifoliae), endlich die Winden (Convolvulaceae) und Kartoffelgewächse (Solaneae) mit ihren Nahrungsstoffen neben heftig wirkenden narkotischen Giften, gehören zu dieser Gruppe des Pflanzenreiches. Unter den Calycanthen treffen wir auf die Familie des Krapp (Rubiaceae), der Chinarindenbäume (Cinchoneae), des Baldrians (Valerianeae) und die große umfangsreiche Familie der Sternblumen (Compositae s. Syngenesistae), welche im Löwenzahn (Leontodon taraxacum) durch das gemeinste Gewächs unserer Gegenden vertreten ist, übrigens aber durch Disteln, Kletten, Kopfsalat und Cichorien Jedermann als eben so unangenehm wie nützlich bekannt sein muß. Die Glockenblumen (Campanulaceae), Kürbisgewächse (Cucurbitaceae) nebst Gurken und Melonen bilden den Schluß dieser Abtheilung, und erregen in ihnen eben so sehr unsere Aufmerksamkeit durch die Früchte, welche sie liefern, als in den Passionsblumen (Passifloreae) durch die herrlichen Blumen, mit denen sie sich schmücken.

Endlich die dritte Klasse der Dicotyledonen, die letzte Hauptabtheilung des Pflanzenreiches, unterscheidet sich durch ihre vollständige

mehrblättrige Krone sogleich von der vorigen, und führt nach ihr den Namen Polypetalae. Die zahlreichste von allen Pflanzengruppen, was die formelle Mannigfaltigkeit ihres Inhalts betrifft, erscheint sie schon dadurch als das Schlußglied der vegetabilischen Schöpfung, und rechtfertigt diese Annahme durch die allseitige Vollendung ihrer Arten vollkommen. Zunächst sondern sich letztere, nach der Stellung ihrer Kronenblätter, wieder in zwei Gruppen, in Calycopetalae, wo sie der Kelch trägt, und in Thalamopetalae, woselbst sie an der Achse sitzen. Die Doldengewächse (Umbelliferae) mit ihren gewürzhaften ätherischen Stoffen; die harzreiche Gruppe der Resinariae; die in unendlicher Menge auftretende, als Nahrungs- und Futtergewächse so wichtige Familie der Hülsenpflanzen (Leguminosae), mit ihren hübschen, einem sitzenden Schmetterlinge ähnlichen Blüthen, wohin Klee, Esparsette, Erbsen, Bohnen und Wicken als wichtigste Mitglieder gehören; dann die liebliche Gruppe der Rosen (Rosaceae), gleich ausgezeichnet durch die Blumen wie durch die Früchte, welche, wie Erdbeeren, Himbeeren, Kirschen, Pflaumen, Birnen, Aepfel, ihr angehören; die Myrten (Myrtaceae), der Schmuck warmer Gegenden, in denen der Granatapfel, der schönste ihrer Sprößlinge, herrlich gedeiht; endlich die sonderbaren, ihrer dicken fleischigen Blätter wegen so merkwürdigen Saftgewächse (Succulentae), welche im Gegensatz gegen ihren wasserreichen Inhalt die trockensten Standpunkte lieben und gerade durch die Feuchtigkeit ihrer Masse den glühendsten Sonnenstrahlen widerstehen. Mauerpfeffer (Sedum) und Hauslaub (Sempervivum) sind in unserer Zone die dürftigen Surrogate der prächtigen Cacteen und Mesembrianthemum-Arten, von denen das tropische Amerika und südliche Afrika eine so herrliche Fülle hervorgebracht hat. — Unter den Thalamopetalen eröffnen die zierlichen Nelkengewächse (Caryophylleae) und die unscheinbaren, aber doch so lieblichen Veilchen (Violarineae) die Reihe der Formen. Geranien, Balsaminen und Sauerkleearten (Oxalideae) schließen sich als nächste Verwandte daran; alle durch große Neigung zu krautartigem Wuchse, wenigstens bei uns, ausgezeichnet. Ahorne, Roßkastanien und Linden folgen ihnen als baumartige verwandte Formen. Dann die Malvengewächse mit ihren zahlreichen, in eine Säule verwachsenen Staubgefäßen und schönen Blumen. Die Baumwollenpflanze (Gossypium), ein Mitglied dieser Familie, und die dicksten Bäume der Erde (Adansoniae), machen sie besonders merkwürdig. Ihnen folgen die Kreuzblumen (Cruciferae) und Mohngewächse, wegen der seltenen, in ihren Blüthentheilen herrschenden Grundzahl vier botanisch eben so merkwürdig, wie ökonomisch wegen ihres Gehalts an nahrhaften (Kohl), öligen (Rapps), scharfen (Senf) und betäubenden (Opium) Stoffen. Als Schlußglied der letzten Reihe erscheinen die prachtvollen Orangengewächse (Aurantiaceae) mit ihren lederartigen drüsigen Blättern, ihren schön duftenden herrlichen Blüthen und wohlschmeckenden Früchten; oder die Annonaceen, Pflan-

zen, die bei gleichen Eigenschaften sich durch die Form der Frucht leicht von den vorigen unterscheiden. Tulpenbaum (Liriodendron) und Magnolie sind ihre bekanntesten Repräsentanten. Sie gehören durchaus der wärmeren oder heißen Zone an, jene in der alten, diese in der neuen Welt zur höchsten Vollendung gebracht; die gemäßigte und kalte Zone hat nur dürftige Stellvertreter der vollkommensten aller Gewächse, deren Blumen wenigstens jenen Vorbildern nur wenig nachstehen. Ranunkeln und Wasserlilien (Nymphaea) scheinen diejenigen Gestalten zu sein, welche auf den Namen der vollendetsten einheimischen Gewächse die größten Ansprüche haben dürften.

20.

System des Thierreiches. — Glieder- und rückgratlose Thiere.

Die formelle Mannigfaltigkeit der thierischen Wesen ist schon deshalb bei weitem größer, als die der Gewächse, weil nicht, wie bei letzteren, alle Thiere nach demselben Grundtypus gebaut sind, sondern drei ganz verschiedene Grundtypen mit mehreren abgeleiteten Hauptverschiedenheiten im Thierreiche uns begegnen. Es ist daher im Ganzen viel leichter, die Hauptabtheilungen des zoologischen Systems zu erkennen, indem die Natur selbst viel schärfere Grenzen in ihm gezogen hat, aber eben darum auch nicht möglich, die Thiere unter so allgemeinen Gesichtspunkten darzustellen, wie es im Pflanzenreiche geschehen kann. Denn alle Zweige, alle Blätter, alle Blumen und Früchte bestehen aus denselben, immer nur in ihren Beziehungen zu einander modificirten Bestandtheilen, und nie fehlt einer ganz, der zum Wesen des Theils gehört; aber im Thierreich hat die Natur sehr verschiedene Wege gefunden, die Bedürfnisse ihrer Geschöpfe zu befriedigen, dem Einen Organe zugetheilt, die dem Andern ganz fehlen, und selbst da, wo wir bei Thieren denselben Organen begegnen, sie doch häufig unter sehr verschiedenen Formen uns vorgelegt. Auf der andern Seite hat sie wesentlich verschiedene Organe in dieselbe Form gedrückt, und es der genausten, umsichtigen Beobachtung überlassen, die Unterschiede, wie grell sie an sich auch sein mögen, ihrem Wesen nach zu entwickeln.

Dem flüchtigen Beschauer thierischer Formen wird zwar die Feststellung augenfälliger Verschiedenheiten leicht erscheinen müssen, aber sein Vorurtheil wird ihn nur täuschen; denn die Mittelglieder, welche die wissenschaftliche Darstellung nicht auslassen darf, während sie der gewöhnliche Beobachter in der Regel gar nicht kennt, oder wenigstens nicht beachtet, treten einem solchen scharf trennenden Eintheilungsbestreben überall hindernd entgegen. Früher, als man entweder die aufgefundenen Formen noch nicht so sorg-

fältig in allen Theilen untersucht hatte, oder einen großen Theil der Thiere selbst noch gar nicht kannte, war das viel weniger der Fall, als jetzt, wo wir durch sorgfältiges Sammeln und Beobachten nach und nach in den Besitz einer sehr großen Menge von Formen gelangt sind. Daher konnten ältere systematische Darstellungen mit wenig Worten ausdrücken, was wir jetzt kaum noch in eine Definition zu fassen vermögen; ja viele Unterschiede, die in jenen älteren Systemen noch grell hervorgehoben wurden, haben wir nach und nach ganz aufgeben müssen. Eben deshalb lassen sich die neueren naturgemäßen Systeme der Organismen, und besonders die der Thiere, nicht mehr aus so scharf gesonderten Abtheilungen oder Fächern aufführen, wie Linné, der Stifter des systematisirenden Forschens in der Naturgeschichte, es forderte und vollbrachte; es scheinen vielmehr alle Gruppen über der Art (species) künstliche, der Natur aufgedrungene Abtheilungen zu sein, die durch einzelne bisher übersehene Merkmale oder unbekannte Formen sanfter, als es die systematische Scheidung zuläßt, in benachbarte Abtheilungen übergehen. Ein solches Verhältniß tritt schon bei den Haupttypen der Thiere ein, und führt namentlich das reguläre Schema ganz allmälig in das symmetrische hinüber, wie leicht zu zeigen ist. Entfernt sich nämlich bei einem regulären Thier der Mund aus der Mitte des Kreises und wird peripherisch, so ist dadurch allein schon Symmetrie hervorgerufen und die mehrfache Halbirung, das Kriterium regulärer Typen, fortan unmöglich. Aehnlichen Verhältnissen begegnen wir überall im Thierreiche; immer strebt ein Grundtypus, durch Annahme einseitiger Charaktere eines andern, in diesen überzuspringen, und so nicht eine Reihe geschlossener Glieder, sondern eine ununterbrochene, durch Zwischenglieder verbundene Mannigfaltigkeit der Formen darzustellen, welche sich mit keinem menschlichen Fachwerke genau vergleichen läßt. In der Regel gebraucht auch die Natur mehrere Momente der Differenzirung zugleich, und läßt die Differenzen der einzelnen Momente nicht zusammenfallen, sondern abwechseln, woraus denn sofort Zwischenglieder entstehen, welche die erste Differenz eines Momentes mit der zweiten des anderen eben so verbinden, wie andere Glieder in sich die Verbindung der ersten Differenz des zweiten Momentes mit der zweiten Differenz des ersten Momentes darstellen; mithin auf diese Art vier Gruppen entstehen, von denen zwei als Gegensätze, zwei als vermittelnde Glieder sich betrachten lassen. Auf solche Weise erscheint ein einzelnes symmetrisches Moment bei typisch regulären Thieren, stört dadurch die vollständige Regularität der ganzen Gruppe und führt den regulären Typus in den symmetrischen über; wie es umgekehrt auch Fälle giebt, wo symmetrische Thiere mit einzelnen regulären Momenten auftreten[1]).

---

1) Dem Kenner bezeichne ich als Beispiele der ersten Art die Spatangiden unter den Seeigeln, und die Octopoden unter den Cephalopoden als Beispiele des zweiten Falles.

Diese Verhältnisse lassen sich indeß nur im Zusammenhange etwas genauer verfolgen, und nöthigen uns, in die ausführlichere Darstellung des Thierreiches einzugehen. Ueberhaupt müssen wir demselben wohl etwas mehr Aufmerksamkeit als den Pflanzen schenken, da es gerade die Reste thierischer Wesen ganz besonders sind, welche die verschiedenen neptunischen Schichten der Erdrinde in ihrem relativen Alter und ihren gleichzeitigen Bildungsverhältnissen charakterisiren. Indeß ist die Bedeutung der unvollkommenen Organismen weniger groß, weil die meisten zu zart gebaut sind, um als versteinerte Reste noch jetzt erscheinen zu können. Wir werden daher über sie schneller hinweggehen können, bei den höheren Gruppen aber desto länger verweilen müssen [2]).

Die irregulären Thiere, nach ihrer früher (S. 286) besprochenen Entstehung durch Generatio aequivoca in Aufgüssen auf organische Materien Infusionsthiere (Infusoria) genannt, sind durchweg aus einem lockeren, maschigen Zellgewebe gebildet, in dem innere Höhlen die Stelle der Ernährungsorgane vertreten. Ein Eingang zu ihnen, der Mund, ist immer vorhanden, der After fehlt noch häufig. Ihre Bewegungen bewerkstelligen sie durch Oscillation zahlreicher Härchen, womit ihre Oberfläche bekleidet ist, oder einzelner langer Fäden, die neben dem Munde sitzen (vergl. die Figuren S. 304, 3. a und S. 305). Fortpflanzungsorgane lassen sich nicht sicher erkennen und scheinen unnöthig zu sein, da alle sich durch Halbirung oder Knospenbildung vermehren. Viele haben harte, klare, durchsichtige Panzer, die vorn oder zugleich auch hinten offen sind. Zu ihnen gehören muthmaßlich die bei der Kreide schon besprochenen Foraminiferen, aber schwerlich die richtiger dem Pflanzenreiche einzuverleibenden Bacillarien (S. 228); sie spielen nur in dieser Formation, oder in einzelnen Tertiärschichten, eine geologische Rolle, und werden, ihrer Kleinheit wegen, auch in der Gegenwart leicht übersehen.

Die regulären Thiere haben immer ein centrales Hauptorgan, welches zur Aufnahme der Nahrung dient und als Mittelpunkt für die Gruppirung der anderen Körpertheile zu betrachten ist. In der Regel führt zu diesem Organ, als der verdauenden Höhle, eine weite Oeffnung, der Mund; indeß finden sich statt seiner auch viele einfache Poren, oder verlängerte röhrenförmige Mündungen, sogenannte Saugröhren, welche nur Flüssigkeiten hindurchlassen, mithin die Nahrungsstoffe nicht eigentlich verschlucken, sondern sie ihrer nahrhaften Säfte berauben, letztere allein in den Körper des Thieres überführend. Dann fehlt noch der After, wie überhaupt sein Erscheinen bei regulären Thieren eben so oft Ausnahme als

---

2) Auch bei den Thieren muß aus ähnlichen Gründen, wie bei den Pflanzen, eine bildliche Darstellung im Texte unterbleiben. Diejenigen Leser, denen eine genauere Kenntniß aller Hauptformen wünschenswerth erscheint, verweise ich auf meinen Zoologischen Handatlas. Berlin. 4. 7 Hefte. 1835—1843.

Regel ist. Neben dem Hauptorgan, das für die Erhaltung des Individuums bestimmt ist, treten vor allen anderen die zur Erhaltung des Arttypus nöthigen Fortpflanzungswerkzeuge hervor, und lagern sich unter der Form hohler, die Generationsstoffe absondernder Schläuche rings um das einfache Verdauungsorgan, oder neben den zahlreichen Saugröhren. Enthalten diese Schläuche größere kugelige oder ovale Zellen, deren feinkörniger, gefärbter, meist gelber, grüner oder röthlicher Inhalt eine centrale viel kleinere Zelle umschließt, so nennt man sie Eierstöcke und jene Zellen selbst Eier. Der körnige, von einer besonderen Haut umschlossene Inhalt des Eies bildet den Dotter, die kleine Zelle im Inneren ist das Keimbläschen, das Primitivgebilde des Eies, welches allen anderen Theilen vorangeht und das ganze Ei bilden hilft, indem es den Dotter um sich sammelt, ihn gewissermaßen an sich zieht. Erst wenn das geschehen ist, umgiebt sich das Ei mit einer Schicht homogenen wasserklaren Eiweißes, dessen Menge je nach den Gruppen der Thiere verschieden sein kann und dessen äußere Hülle gewöhnlich zu einer Schaale erhärtet. Aber nicht alle Generationsorgane enthalten Eier, es giebt eine zweite Art, deren Schlauch im äußersten Ende zwar ebenfalls primitive klare Zellen, ähnlich den Keimbläschen, erzeugt, allein die sekundären Gebilde sammeln sich nicht um dieselben, sondern sie entwickeln sich in ihnen. Jene Zellen werden dann trübe, füllen sich mit feinkörnigem Bildungsmaterial, theilen durch Furchung dasselbe in gewisse gleiche Portionen und bilden daraus neue Zellen, deren Inhalt später eine konstante, gewöhnlich fein fadenförmige Gestalt annimmt. Diese Fädchen oder die ihnen analogen, anders geformten Gebilde heißen Samenfäden (Spermatoiden); die Flüssigkeit, in der sie schweben, nachdem sie ihre Brutzellen verlassen haben, ist der thierische Same (sperma) und das Organ, welches ihn bildet, der Hode. Aus dem Contact der Samenfäden mit den Eiern, wobei ein förmlicher Eintritt in das Ei erfolgt, ganz analog wie bei den Pflanzen, entwickelt sich im Ei die erste Anlage des Keims oder Embryos. Beiderlei Generationsorgane kommen allen Thieren zu, aber gewöhnlich sind sie an verschiedene Individuen vertheilt; die mit Eierstöcken begabten heißen dann weibliche, die anderen männliche. Indem sich die einen oder die anderen Organe zunächst um die centrale Höhle in konstanter Zahl vertheilen, bedingen sie den weitern Numerus der übrigen. Am deutlichsten sieht man ihn und die damit harmonische Regularität am Nervensystem, das einen Ring um den Schlund, den Eingang zum Magen bildet, von dem Radien in gewisser, dem Grundnumerus entsprechender Zahl sich zur Peripherie des Thieres begeben und an ihr verlaufen. Bisweilen enden diese Nerven mit eigenthümlichen Sinnesorganen, namentlich Augen, welche sich durch ihr rothes Pigment zu verrathen pflegen. In gleicher Weise pflegt die Muskulatur der regulären Thiere geordnet zu sein; ringförmige Muskeln oder Sphinktern um den Mund und den After sind die Centra, woran andere, in peripherischer Lagerung meridianartig ver-

theilte Muskelstreifen, dem Zahlengesetz des Nervensystems und der Genitalien folgend, sich anheften, den Leib umgeben und durch ihre oft rhythmischen Bewegungen das ganze Thier in Bewegung setzen. Auf dieser Stufe der Entwickelung reicht auch die einfache Höhle zur Ernährung des Individuums nicht mehr hin, es stellt sich vielmehr eine Sonderung ihrer Verrichtungen in verschiedene Organe ein, welche von jetzt an allen höheren Organismen zukommen. Dreierlei Thätigkeiten sind es, in welche diese Sonderung sich auflöst, die Verdauung, die Athmung und der Blutlauf. Die Verdauung scheidet in der verdauenden Höhle, welche, sobald sie ein cylindrischer Kanal wird, den Namen Darmkanal erhält, aus den aufgenommenen Nahrungsmitteln die brauchbaren Nahrungsstoffe ab, und führt dieselben mittelst der Aufsaugung ihrer Membranen in die Gefäße: feine cylindrische verästelte Röhren, welche sich durch den ganzen Körper, seinem Typus gemäß, verbreiten, und ihren Inhalt theils von der Peripherie zum Centrum fortschaffen (Venen), theils vom Centrum aus zur Peripherie (Arterien). Dieser Inhalt ist das Blut, die eigentliche Nahrung aller thierischen Organe, eine Flüssigkeit, in welcher isolirte fertige Zellen von allermeist flachscheibenförmiger Gestalt und elliptischem Umriß, deren gewölbter Kern die Mitte der Scheibe einnimmt (Blutkörperchen), oder noch unvollendete als runde Zellenkerne (Lymphkügelchen) schwimmen. Sie wird vom Nahrungskanal bereitet, durch seine Wände aufgesogen, in die Blutgefäße zunächst unter den Wänden des Darmes durch Endosmose übergeführt, und von den Arterien in alle Theile des Körpers verbreitet. Jedes Organ erhält so seinen Antheil, und verwandelt ihn in die eigenthümliche Molekularform seiner Materie; der übrig bleibende Rest kehrt durch die Venen zum Centrum zurück, und erfährt theils auf diesem Wege, theils durch eine Zweigbahn in eigenthümlichen Organen, eine Reinigung durch Absonderung des Kohlenstoffs, den die Organe im Blute lassen, oder an dasselbe abgeben. Der Kohlenstoff, eine den Thieren nutzlos gewordene Materie, muß entfernt werden, und wird es, indem der Sauerstoff der atmosphärischen Luft sich chemisch mit ihm zu Kohlensäure verbindet und dann als flüchtiges Gas aus dem Blut entweicht [3]), während die organischen Membranen ihn aufsaugen und an der andern Seite wieder aushauchen. Diesen Proceß nennt man die Athmung (Respiration), und das Organ, worin er stattfindet, Respirationsorgan. Es ist immer eine verschieden gestaltete Fortsetzung des Epitheliums der äußeren Oberfläche oder der Darmfläche, die sich theils nach innen wendet, und dann das Medium mit dem Sauerstoff in sich aufnimmt, theils nach außen hervorragt und vom

---

3) Es darf nicht unerwähnt bleiben, daß der Kohlenstoff gerade die Hauptnahrungssubstanz der Pflanzen ist, als Kohlensäure von ihnen aufgenommen, vom Sauerstoff getrennt und fixirt wird, wo dann der Sauerstoff entweicht. Thiere und Pflanzen ergänzen sich dadurch in ihren Bedürfnissen.

Medium frei umspielt wird. Respirationsorgane der ersten Art nennt man Lungen, die der zweiten Art heißen Kiemen. Fehlt ein selbstständiges Respirationsorgan ganz, so vertritt entweder das Epithelium der äußeren Oberfläche, oder das des Darmkanales seine Stelle. Im Besitz anderer Organe befinden sich die regulären Thiere allgemein noch nicht, ja die genannten kommen eben so wenig allen zu; daher es nöthig ist, die Gruppe der regulären Thiere noch ferner nach ihren Formen zu erläutern, und die Organisation jeder besonderen Form näher anzugeben. —

Man spaltet die Thiere mit regulärem Typus am natürlichsten in zwei Klassen, welche als Polypen (Polypina) und Strahlthiere (Radiata) unterschieden werden. Beide zusammen heißen mit den irregulären Thieren bei Cuvier[4]) Zoophyten; doch würde dieser Name am schicklichsten den Polypen beigelegt werden können, da nur in ihnen ziemlich allgemein Pflanzenformen herrschend sind. —

Die Klasse der Polypen ist eine höchst natürliche, durch strenger regulären Typus ausgezeichnete Gruppe, deren Mitglieder fast immer zusammengesetzte Thierfamilien darstellen und durch die Fähigkeiten der hälftigen Theilung oder Knospenbildung, auf denen die Möglichkeit ihrer Familienformen allein beruht, sich von der zunächst folgenden Klasse, den Radiaten, unterscheiden. Der Körper eines einzelnen Polypen hat ganz die Form eines Weinglases, wenn wir uns die Masse desselben viel dicker vorstellen, als das Glas im Vergleich gegen die oben offene Höhle, welche es umgiebt. Mit der unteren fußartigen Ausbreitung sitzt das Thier fest, theils willkürlich fixirt, theils unwillkürlich mit der Grundlage verwachsen; seinen oberen stumpfen Rand, in dessen Mitte die durch willkürliche Schließung veränderliche Mundöffnung sich befindet, umgeben radienförmige Fortsätze der weichen, maschigen, durchscheinenden Körpermasse, die man Tentakeln, Arme oder Fangarme zu nennen pflegt. In ihrer Menge ist das constante Zahlenverhältniß des Typus am bestimmtesten ausgedrückt. Die Mundöffnung führt in einen weiten Magen, der entweder blind endet, oder eine zweite hintere Oeffnung besitzt, welche mit der Höhle im Stiel bis zum Fuße communicirt. Dies ist der gewöhnliche Polypentypus, allein bei anderen Mitgliedern geht vom Magen ein Darmkanal aus, der neben ihm rückwärts aufsteigt, und an einer zweiten Stelle des oberen Randes unter den Tentakeln mündet Bei solchen Polypen ist dann der reguläre Typus nicht mehr ganz rein, sondern es kommt durch die Lage des Afters ein symmetrisches Moment in ihn hinein, das zur wirklichen Symmetrie vorbereitet. Endlich haben alle Polypen noch Geschlechtsorgane, einige Hoden, andere Eierstöcke, und vermehren sich durch Eier. Aus letzteren entstehen die ein-

---

4) Cuvier's Zoophyten enthielten außerdem noch die Eingeweidewürmer, und waren in diesem Umfange eine völlig unnatürliche, bloß durch negative Merkmale charakterisirte Gruppe.

zelnen Polypen, welche dann später durch unvollständige Theilung oder Knospenbildung zur Familie sich entwickeln. Alle Polypen sind endlich, gleich den Infusionsthierchen, Wasserbewohner, deren Nahrung nur von kleineren Wasserthierchen genommen wird. Trotz der Unbeweglichkeit führen sie sich dieselben leicht zu, indem ihre mit oscillirenden Wimpern besetzten Tentakeln einen Strudel im Wasser erregen, der alle kleinen schwimmenden Gegenstände ergreift und in der Richtung zum Munde mit sich nimmt, woselbst sie der Polyp nach Gefallen verschluckt oder ausspeit, wie es seine Bedürfnisse fordern. Solche oscillirende Wimpern sind den meisten mit feuchter Oberfläche begabten Epithelien, zumal denen der Respirationsorgane, eigen, und bewirken hier durch die Wimperbewegung eine stets neue Schicht des zur Respiration erforderlichen Mediums. Ein wichtiger Charakter vieler Polypen liegt in der Fähigkeit, kohlensaure Kalkerde in ihre Substanz aufnehmen und an einer besonderen Stelle ihres Körpers absetzen zu können. Diese Stelle ist theils die gesammte äußere Oberfläche, theils das Centrum unter dem Magen und der Raum zwischen Magen und Oberhaut; in beiden Fällen bildet die Kalkmasse ein festes Gerüst, an welches sich der Polyp unmittelbar anlegt, ohne von ihm durch einen freien Zwischenraum gesondert zu sein. Die Kalkmasse steckt also wirklich in seiner organischen Materie drin, sie ist gleichsam verkalkte organische Substanz; sie nimmt auch ganz die Form des Polypen an, und verräth noch seinen Bau nach dem Tode des Thieres eben so sicher, wie zur Zeit seines Lebens. Diese kalkigen Polypenstöcke nennt man Korallen, ja selbst die ganzen Polypen, welche ihre Urheber sind, werden Korallen genannt. Dergleichen Gerüste kommen aber nicht allen Polypen zu, und bei denen, wo sie sich finden, sind sie in ihrem Baue wieder sehr verschieden. Polypen, deren Oberfläche sie bilden, heißen Röhrenpolypen; diejenigen, deren Achse sie einnehmen, während die Oberfläche fleischig bleibt, werden Rindenpolypen genannt; die letzteren sind die häufigeren und die eigentlichen wahren Korallen. Sowohl diese Unterschiede, als auch die Differenzen der Grundzahlen in den Armen und der beschriebene Bau des Ernährungsapparates geben Fingerzeige zur ferneren Eintheilung an die Hand. Als erste Hauptgruppe oder Ordnung betrachtet man unter dem Namen Moosthiere (Bryozoa) die Polypen mit Darmkanal und peripherischem After. Sie haben nie constante Grundzahlen in ihren einfachen Tentakeln, und eine mehr oder weniger kalkige Rinde. Alle sind kleine Thierchen, welche in abgesonderten Zellen dicht neben einander stecken und meistens als Ueberzüge anderer Gegenstände im Meer erscheinen, oder kleine moosförmige Gruppen bilden, deren Umfang auch mit den Verhältnissen dieser Pflänzchen zu harmoniren pflegt. Sie sind weder in der Gegenwart, noch bei der Betrachtung einer untergegangenen Organisation von besonderem Interesse. Ihnen steht als zweite Ordnung die Gruppe der Blumenthiere (Anthozoa) gegenüber; der Mangel eines Darms und Afters

unterscheidet sie gar bald von den vorigen. Von den vier Unterabtheilungen oder Zünften dieser Ordnung ist die erste (Oligactinia) ebenfalls noch aller constanten Grundzahlen in ihren Tentakeln beraubt, übrigens aber nie mit harten kalkigen Gerüsten versehen, und darum geologisch noch unwichtiger, als die vorige. Der ganz nackte Armpolyp unserer Teiche (Hydra) und die von hornigen Röhren bekleideten zierlichen Sertularien des Meeres bilden die Hauptrepräsentanten. Nie erreichen Mitglieder dieser Abtheilung beträchtliche Größen; sie verschwinden im Haushalte der Natur bei allgemeiner Betrachtung ganz. Eine zweite, durch acht gefiederte Tentakeln ausgezeichnete Zunft (daher Octactinia genannt) enthält den bekannten rothen Korall, dessen von Kalk durchdrungene hornige Achse zu vielen Schmucksachen verarbeitet wird. Eine dritte Zunft begreift dann die Polypen mit großer, fester, stark kalkiger, größtentheils unbeweglich festsitzender Achse, die anorganisch mit ihrer Basis verschmilzt, und wenn die lebendige Rinde abstirbt, was in der Regel mit dem Alter der Familie fortschreitend eintritt, nur durch diesen todten Stiel am Boden haftet. Solcher Eigenschaften wegen hat man sie Lithophyta genannt. Sie bewohnen, gleich den Octactinien, das Meer, und heutiges Tages vorzugsweise tropische Gegenden, haben theils gar keine, theils kurze warzenförmige, theils längere cylindrische, aber nie sehr große Tentakeln in bestimmter (12, daher Dodecactinia) oder radiale Falten in unbestimmter, aber großer Zahl. Dieser Charakter ist leicht an dem kalkigen Gerüst, welches sich absetzt, zu erkennen; denn immer findet sich an ihm, da, wo ein Polyp saß, eine Vertiefung, eine sogenannte Polypenzelle, und in ihr Radien, die von der Mitte zum Umfange gehen. Hatte der Polyp keine Tentakeln, so ist die Zelle rund und ohne Radien; hatte er zwölf Tentakeln, so ist sie sechseckig und hat zwölf alternirend gleiche oder ganz gleiche Radien; waren anstatt der Arme radiale, vom Munde ausgehende Falten in unbestimmter Menge vorhanden, so finden sich eben so viele Radien in der Zelle. Einige Formen dieser Gruppe behalten beständig auf der ganzen Oberfläche ihre fleischige Rinde, sitzen daher auch nur mit dieser fest, verlassen aber dennoch die eingenommene Stelle nie. Sie bilden die Gruppe der Funginen. Die Lithophyten sind in der Oekonomie unseres Planeten wichtig, denn Mitglieder derselben überkleiden Felsen im Meere mit ihren Gerüsten, bauen sie bis an die Oberfläche und geben hier zu Korallenriffen, selbst zu Inseln Veranlassung. Ohne Zweifel waren sie in früheren Perioden der Erdbildung eben so thätig, und da ihre Reste oft in Menge angetroffen werden, so dürfen wir an ihrer Wichtigkeit in ähnlicher Weise zu jener Zeit nicht zweifeln. Bei Schilderung der Juraformation und der Kreide wurde ihrer schon gedacht. Die vierte Zunft endlich enthält Polypen, die nie festgewachsen sind, wie die vorigen, sondern mit der weichen thierischen Substanz sich bloß angeheftet haben, aber ihren Ort zum Theil willkürlich ändern können. Sie sondern keine Kalkmasse ab, sind in der Regel einfache In-

dividuen, haben zahlreiche Mengen von Tentakeln und heißen deshalb Polyactinia. Die Hauptgattung Actinia ist gegenwärtig in vielen Arten über alle Meeresküsten verbreitet, prangt gewöhnlich mit den herrlichsten Farben gleich schönen Cactusblumen, denen sie ähnelt, besteht aber nur aus weicher Substanz und findet sich deshalb nirgends fossil.

Die dritte Klasse des Thierreiches nennt man Strahlthiere (Radiata), weil die meisten Mitglieder noch einen bestimmt regulären Typus besitzen, der unter Kugel=, Scheiben=, Stern= und Becherformen auftritt, indeß durch Entfernung des Afters und später selbst des Mundes aus der Mitte beider Hauptflächen, der oberen und unteren, mehr und mehr in die symmetrische Form übergeht. Bei den rein regulären Typen liegt der Mund stets nach unten, sobald das Thier seine vollständige freie Beweglichkeit besitzt; und der After, wenn er vorhanden ist, nach oben. Die Geschlechtsorgane pflegen in seinem Umfange, die Respirationsorgane in der Nähe des Mundes zu münden, Blutgefäße und Nerven aber als Ringe um den Schlund aufzutreten, deren Radien der allgemeinen Grundzahl Folge leisten. Allein da es auch fixirte Radiaten mit nach oben gewendetem Munde, und symmetrische Radiaten mit unten befindlicher Mund= und Afteröffnung giebt, so kann der geschilderte Haupttypus nicht als der allgemeine oder als Klassencharakter angesehen werden. Dann lassen sich die Radiaten nur durch den Mangel des Halbirungsvermögens und der Knospenbildung von den Polypen unterscheiden, während die symmetrischen Radiaten von den Mollusken kaum anders, als durch einzelne reguläre Reste des Typus und die dadurch bedingte größere Anzahl ihrer Organe begriffsmäßig zu trennen sind. Bei den Mollusken, auch bei den unvollkommensten, giebt es durchaus keine regulären Formen mehr, alles ist bei ihnen symmetrisch und paarig; selbst die Octopoden mit den acht regulär gestellten Armen um den Mund zeigen in der paarig gleichen Größe ihrer Arme den symmetrischen Grundtypus. Merkwürdig bleibt es übrigens, daß es unter den Radiaten keine natürliche Abtheilung giebt, die bloß aus symmetrischen Formen bestände, sondern überall treten die symmetrischen Typen als Glieder von Gruppen auf, denen auch ein regulärer Grundtypus zukommt; daher seine Verhältnisse noch in den symmetrischen Formen theilweis beibehalten werden. Hieraus folgt eine entschieden größere formelle Mannigfaltigkeit in dieser Klasse. Die Radiaten zerfallen darnach in drei Ordnungen, deren Unterschiede viel greller zu sein pflegen, als die Formabweichungen der Polypen oder Mollusken. —

Die erste Ordnung nennt man Quallen oder Medusen (Acalephae); es sind Thiere von klarer maschiger Substanz, wie die Polypen, welche keine kalkigen Gerüste bilden und vorzugsweise im hohen Meere schwimmend sich bewegen. Sie haben in der Regel lange Fäden, mit denen sie tastend ihre Beute erhaschen, oder große Arme in bestimmter Zahl (4 oder 8) um den Mund, wenn er einfach ist. Viele besitzen statt seiner

zahlreiche Poren oder Saugröhren, und entziehen durch letztere der gefangenen Beute ihre nahrhaften flüssigen Stoffe. Sie bilden drei Unterabtheilungen: die Röhrenquallen (Siphonophorae) haben entweder einen ganz symmetrischen, oder aus einzelnen symmetrischen Stücken regulär zusammengesetzten Leib, nur Saugröhren, und Schwimmhöhlen oder Schwimmblasen, wodurch sie sich theils an der Oberfläche des Wassers erhalten, theils mittelst Einziehen und Ausstoßen von Wasser in ihm bewegen. — Scheibenquallen (Discophorae) sind Scheiben- oder Schirmformen, welche sich durch rhythmische Contractionen und Expansionen der Scheibe in Bewegung setzen, stets den regulären Typus genau festhalten und in allen mehrfachen Organen die Grundzahl vier verfolgen. — Die Rippenquallen (Ctenophorae) scheinen nach beiden Typen gebildet zu sein, doch herrscht eine reguläre Eiform vor. Sie haben am einen Ende einen einfachen Mund und einen After am anderen, nebst Reihen von kleinen oscillirenden Wimpern, sogenannten Schwimmblättchen, welche von Pol zu Pol laufen und ebenfalls der Grundzahl vier Folge leisten. In ihnen finden sich die Ambulakra der Seeigel vorgebildet. — Uebrigens sind alle drei Gruppen geologisch von geringer Bedeutung, da ihr ganz weicher, höchst verletzlicher Körper keine Spuren seines Daseins in harten Gesteinen hinterlassen konnte. —

Von großer Wichtigkeit erscheinen dagegen in dieser Beziehung die Mitglieder der zweiten Ordnung, denen immer kalkige, aus bestimmt geformten Stücken aufgebaute Gerüste zukommen, welche zwar von der thierischen Haut überzogen werden, allein letztere ist dazwischen wieder mit Kalkstacheln bekleidet, und hat durch deren Anwesenheit zu dem Gruppennamen Stachelhäuter (Echinodermata) Veranlassung gegeben. Auch sie zerfallen in drei natürliche Unterabtheilungen oder Zünfte. Bei den Haarsternen (Crinoidea) findet sich entweder ein Stiel, mit dem die Thiere festsitzen und dann das Maul nach oben wenden, oder es sind gegliederte Ranken an der Stelle des Stiels vorhanden, und die Thiere schwimmen. Beide haben als Rumpf eine becherförmige Höhle, wovon gegliederte Radien in constanter, durch fünf theilbarer Menge so ausgehen, daß ihr Stützpunkt an der dorsalen Seite des Bechers, d. h. in der Mitte des Rückens, dem Munde gerade gegenüber liegt. Ein peripherischer After mündet auf derselben Seite mit dem Munde. — Die Seesterne (Asteroidea) haben keinen Stiel, aber einen ähnlichen sternförmigen, ziemlich flachen Körper, dessen Armgerüste an derselben Seite, wo auch der Mund liegt, zusammentreffen oder entspringen; während der After auf der entgegengesetzten dorsalen Seite sich befindet, oder ganz fehlt. Sie sitzen nie fest, ruhen auf dem Grund des Meeres, und sind von wirklichen Kalkstacheln bekleidet, die den Crinoideen fehlen. Bei den Euryaliden nehmen die Radien des Körpers keinen Theil an der centralen Höhle, enthalten also auch keine Vegetationsorgane, und eben so ist es bei den Cri-

noideen; auch fehlen beiden die gestielten Saugscheiben oder Füßchen. Ihre Anwesenheit bei den Asteriaden auf der ganzen unteren Körperfläche in radialer, vom Mund ausgehender Richtung, und die Theilnahme der Armhöhlen an der mittleren Rumpfhöhle bilden die beiden Charaktere dieser Familie. — Die dritte Zunft der Echinodermen enthält die Seeigel (Echinoidea), Thiere von Kugel-, Kegel-, Ei- oder Scheibenform, denen die peripherischen Arme und Radien fehlen, wogegen ihr aus genau an einander passenden Platten zusammengefügtes, von der weichen empfindsamen Haut bekleidetes Gerüst auf der gesammten Oberfläche mit langen Kalkstacheln dicht besetzt ist, und dazwischen an bestimmten Stellen von den linienförmig an einander gereihten gestielten Saugscheiben durchbohrt wird. Solche Linien nennt man ambulacra. Gehen diese Ambulakren von der Mitte der Unterseite, wo der Mund liegt, zur Mitte der Oberseite (Echinidae), wo die Genitalien münden, so ist die Form genau regulär, wenn im oberen Pol auch der After sich befindet; bleiben dagegen die Ambulakren auf der oberen Fläche, hier sternförmige Figuren beschreibend (Spatangidae), so rückt oft auch der Mund unten aus der Mitte heraus, wie es oben der After thut, und dann herrscht ein äußeres symmetrisches Ansehen vor. Formen dieser Art haben gewöhnlich nur noch vier Ambulakra und vier Eierstöcke oder Hoden, während die streng regulären Seeigel mit fünf oder zehn Ambulakren und Geschlechtsorganen versehen sind. — Von allen diesen Verhältnissen hat die Vorwelt ähnliche, ja häufig noch viel zahlreichere Repräsentanten aufzuweisen.

Dagegen wurde die dritte Ordnung der Radiaten, für welche ich, ihrer lederartigen, nur sparsam mit Kalkmasse begabten Hautschicht halber, den Gruppennamen Scytodermata vorgeschlagen habe, während ihr langgestrecktes cylindrisches wurmförmiges Ansehen in Verbindung mit den regulären radienförmigen Tentakeln oder Armen rund um den vordern Mund die deutsche Benennung Sternwürmer veranlaßte, — noch nicht im fossilen Zustande beobachtet; was schwerlich auf Rechnung ihrer weicheren fleischigeren Beschaffenheit allein sich schieben lassen möchte. Die lebenden Formen halten sich ohne Ausnahme im Meere auf, lieben warme Zonen, und haben oft noch, namentlich immer in den Tentakeln, einen entschieden regulären Typus; auch ist das Nervensystem und ein Theil des Gefäßsystems, nebst der aus Längs- und Quermuskelbündeln gebildeten Leibeswand unter der Haut ebenfalls regulär, mit einem constanten Numerus von vorn nach hinten laufender Längsbündel, die hier in zwei Kreismuskeln, Sphinkteren, übergehen, welche Mund und After schließen; allein die übrige Organisation folgt schon sehr bestimmt symmetrischen Grundlagen. Nur selten richten sich die in der Regel vorhandenen gestielten Saugscheiben nach dem regulären Schema, und bilden dann fünf vom Mund zum After laufende Ambulakra (Pentactidae); viel häufiger stehen sie zerstreut auf der Oberfläche und an der einen flachern Seite, die den Bauch vorstellt, dichter

gedrängt neben einander (Holothuridae); oder sie finden sich nur hier, auf der Rückenfläche gar nicht (Psolidae). Fehlen diese gestielten Saugscheiben ganz, so wird der Körper völlig wurmförmig, besonders wenn auch die anfangs noch (bei den Synaptiden) vorhandenen regulären Tentakeln um den Mund verloren gehen, und der After nicht mehr am Hinterende bleibt (bei den Siphunculinen). Alsdann ist durch diese Lage des Afters die Andeutung des symmetrischen Typus der Mollusken, durch die allgemeine Form der gegliederte Typus der Würmer entschieden ausgesprochen. Mittelst eines nur selten regulären, meist paarigen, symmetrischen Respirationsorganes, das in den After mündet, und paarig gebildeter Fortpflanzungsorgane in einfacher Zahl, wird die angedeutete äußere Symmetrie auch innerlich begründet und in der Art, wie manche Sternwürmer sich bewegen, die Aehnlichkeit mit Schnecken (Psolus) oder großen Regenwürmern (Siphunculus) auffallend vermehrt. Hierin läßt sich das Bestreben der Natur, die Typen trotz ihrer Differenz allmälig in einander überzuführen, durchaus nicht verkennen. Natura non facit saltus (die Natur macht keine Sprünge), sagte schon Linné, und mit Recht; die sorgfältige Betrachtung des allmäligen Entwickelungsganges im Thier- wie im Pflanzenreich unterstützt seinen Ausspruch. —

Es ist daher ein Leichtes, an die eben dargestellte Modification der regulären Thiere den symmetrischen Typus der vierten Klasse anzureihen; ja manche Meerschnecken gleichen ihnen, zumal den Psoliden, täuschend; obgleich ihr Grundtypus völlig verschieden ist. Zum Wesen der Mollusken gehört, außer der durchgreifenden Symmetrie, die Anwesenheit zweier gesonderten, oft leicht unterscheidbaren Körperabschnitte, von welchen der eine vorzugsweise muskulös ist und zur Bewegung dient, auch den Kopf mit den Sinneswerkzeugen trägt, falls derselbe sich nachweisen läßt, der andere eine gewöhnlich sackförmige Hülle bildet, die den Darmkanal, die Genitalien und die Hauptmasse aller Vegetationsorgane enthält. Die Hülle, welche diesen Körperabschnitt bekleidet, nennt man Mantel, den zweiten Abschnitt dagegen theils Rumpf, theils Fuß, theils Sohle, endlich selbst Kopf, je nachdem in ihm die Bestimmung zur Bewegung oder sinnlichen Wahrnehmung mehr oder weniger entwickelt ist. An ihm finden sich Mund, After und Geschlechtsöffnungen. Jener liegt stets am vordern Ende, die andern beiden liegen an der rechten Seite hinter einander, der After etwas mehr nach hinten gerückt, doch nie am Ende des Rumpfs oder Fußes selbst, in der Regel neben dem Mantelrande. Der Mantel umschließt einen gewundenen Darm, eine ihn in seinen Verrichtungen unterstützende Leber, auch wohl Speicheldrüsen; ferner das Centrum des Gefäßsystemes oder das Herz, hier zuerst als wirkliches einfaches Centrum, und nicht mehr als centraler Gefäßring, auftretend; die Respirationsorgane, gewöhnlich Kiemen, welche am Rande des Mantels sitzen, oder in einer eigenen Nebenhöhle des Mantels stecken, deren Mündung neben dem After

zu liegen pflegt; endlich die Geschlechtswerkzeuge, in der Regel nicht allseitig paarige Organe, wie sonst bei symmetrischen Thieren, sondern nur einmal als Centralkörper vorhanden, und dann tief unten in der äußersten Spitze des Mantels versteckt. Von Sinneswerkzeugen erscheinen Augen, stets zwei, nie mehr oder weniger, vielleicht die Gattung Pecten ausgenommen und ausschiebbare Tastfäden, an denen die Augen sitzen. Sie stehen neben dem Munde, und umgeben ihn bisweilen nach regulärem Schema. Im Munde selbst erscheinen Zähne oder Kiefer, die theils oben am Boden der Mundhöhle hängen, theils unten, theils über einen ausstreckbaren Fortsatz zwischen beiden, die Zunge, feilenartig vertheilt sind. — So viel läßt sich vom Typus der Mollusken im Allgemeinen sagen; er sondert sich in sechs Ordnungen, von denen die drei ersten keinen Kopf und keine Sinneswerkzeuge besitzen, die drei folgenden aber mit beiden versehen zu sein pflegen. Bei den kopflosen umgiebt ein freier Mantel den Rumpf vollständig, und höchstens kann temporär ein Theil desselben, der sogenannte Fuß, aus dem Mantel hervorgestreckt werden; bei den mit einem Kopf versehenen Mollusken ist letzterer, und auch der Fuß, wo er sich findet, gewöhnlich außerhalb des Mantels, unter dem beide nur temporär oder gar nicht sich verbergen lassen. Ihre ferneren Unterschiede sind folgende.

Mantelthiere im engeren Sinne (Tunicata oder Perigymna) nennt man Mollusken, deren weiche oder lederartige Mantelhaut bis auf zwei Oeffnungen geschlossen ist, nie eine Schaale absondert und vorzugsweise eine große Respirationshöhle umschließt, worin auch der Mund allein (Ascidiae), oder Mund und After zugleich (Salpinae) münden. Im ersten Falle durchbohrt der Darm den Mantel mit einer zweiten, der ersten nie gegenüberstehenden Oeffnung, im andern Falle ist die zweite Oeffnung der ersten entgegengesetzt und führt aus der Kiemenhöhle, wie jene hineinführt. Die Ascidien sitzen fest, theils einzeln, theils zu Gruppen vereint. Die Salpinen schwimmen. Beide sind weiche, zum Theil gallertartige Thiere, die im Meere sich aufhalten und im fossilen Zustande ihrer Weichheit wegen nicht wohl existiren können.

Die Muscheln (Cormopoda, Acephala Cuv.) bilden die zweite Ordnung der Mollusken. Sie haben einen seitlich von links nach rechts zusammengedrückten Rumpf, dessen kegel-, kiel- oder stempelförmiger Fuß zum Bohren oder Kriechen dient, und aus einer Spalte des Mantels hinter dem Munde hervorragt. Unter dem Mantel, der eine zweitlappige am Rücken durch Schloß und Band verbundene Schaale absondert, übrigens aber frei den Rumpf umschließt, und unten theils offen, theils geschlossen ist, liegen dicht am Rumpfe die Kiemen: fein gefaltete zusammengedrückte längliche Säcke, deren enge Mündungen sich am Ende des Rumpfes neben dem einfachen After und den doppelten Genitalienöffnungen befinden. Von zwei röhrenförmigen Fortsätzen des Mantels am Hinterende dient die untere zum Einathmen des Wassers, die obere zum Ausstoßen desselben; durch

jene gelangt mit dem Wasserstrom Nahrung zum Munde, durch diese wird der Koth ausgeleert; denn alle Muscheln ruhen, senkrecht oder schief in den Boden sich einbohrend, und bewegen sich bloß temporär, viele gar nicht, und manche von diesen sind durch seidenartige Fäden (Byssus), die der Fuß absondert, sogar angeheftet. Um so auffallender ist die schwimmende Bewegung der Kammmuscheln (Pecten), welche durch Auf- und Zuklappen der Schaale bewirkt wird, und in augenförmigen Organen rings am Umfange des freien Mantelrandes eine Stütze findet. Diese wie alle anderen Muscheln stehen durch Muskelbündel, welche vorn und hinten neben Mund und After aus dem Rumpfe hervortreten, mit der Schaale in Verbindung; ihre Contraction schließt die Schaale, die Elastizität des Bandes öffnet sie, wenn die Muskelkraft nachläßt. Sämmtliche Muscheln sind Wasserbewohner, die meistens im Meere sich aufhalten; sie scheinen getrennten Geschlechts zu sein, und sich ohne Ausnahme von thierischen Stoffen zu nähren. Austern (Ostrea), Perlenmuscheln (Meleagrina), Teichmuscheln (Unio und Anodonta) und Schiffsbohrer (Teredo) sind die bekanntesten, alle Hauptunterschiede des Baues darstellenden Arten. Ihre harten Schaalen eigneten sich sehr zur Petrification, und kommen in allen neptunischen Schichten der Erde, theils in Abdrücken als Kern, theils selbst versteinert vor.

In vielen Beziehungen läßt sich die dritte Ordnung als eine den Muscheln entgegengesetzte Gruppe betrachten, insofern bei beiden die formelle Anlage des Körpers gleich ist, die Ausführung des Typus aber eine durchaus verschiedene. Denn die Compressionsrichtung, welche den symmetrischen Bau näher bestimmt, geht bei den Brachiopoden von oben nach unten, dagegen nach links und rechts bei den Muscheln, und verursacht bei ihnen scharfkantig vorspringende symmetrische Seitenränder, während alle Muscheln flach abgeplattete Seiten besitzen. Im Uebrigen ist der Leib aller Brachiopoden von einem zweilappigen Mantel umhüllt, der von hinten nach vorn über den Rumpf herabhängt, und eine zweiklappige Schaale absondert. Da, wo beide Schaalenhälften zusammenstoßen, tritt statt des Schlosses und Bandes der stielförmige Fuß hervor, mit welchem alle Brachiopoden sich an Gegenständen des Meeres, das sie ausschließlich bewohnen, anheften, aber nie gleich den Muscheln in den Boden einbohren. Sie sind daher fixirte Thiere, welche statt des respiratorischen Wasserstromes der Muscheln die beiden neben dem Munde angebrachten, hier sehr langen armförmigen Hautlappen als Fangorgane benutzen, indem sie dieselben schnell ausstrecken und wieder einziehen, dadurch einen Strudel im Wasser erregend, der ihnen ihre Nahrung zuführt. Ein besonderes Respirationsorgan haben sie nicht, der freie Theil des Mantels vertritt seine Stelle, und zu ihm gelangt dasselbe Wasser in rhythmischen Pausen, indem es durch die Bewegung der Mundlappen oder Arme in die offene Schaale ein- und ausströmt. Mehrere Muskeln, die vom Thiere zur Schaale gehen,

bewerkstelligen ihren Schluß, während ein eigenes Gerüst der flachen, in normaler Stellung des Thieres unteren Schaale den Armmuskeln als Stütze dient. Gewöhnlich ist diese Schaalenhälfte kleiner als die obere, mehr gewölbte, tiefere. Die Geschlechtswerkzeuge scheinen von denen der Muscheln nicht abzuweichen. — Gegenwärtig findet man von diesen Geschöpfen nur noch sehr wenige Repräsentanten aus den Gattungen Lingula, Orbicula und Terebratula; aber in früheren Perioden war das Meer zu allen Zeiten mit zahlreichen Gliedern dieser Ordnung in vielen abweichenden Gattungen (z. B. Productus, Leptaea, Calceola, Spirifer, Orthis, Delthyris) bevölkert, was vielleicht mit einem harten felsigen Meeresboden und allgemein größerer Meerestiefe in Harmonie steht. Denn an Bedingungen dieser Art scheinen die Brachiopoden gefesselt zu sein.

Mit den Brachiopoden schließt die Reihe der kopflosen Mollusken, und die zweite Abtheilung (Mollusca cephalophora) beginnt in einer unscheinbaren Uebergangsgruppe, welche man ihrer flügelartigen Hautlappen wegen Flügelfüßer (Pteropoda) genannt hat. Es sind kleine Geschöpfe von Zolllänge, deren sackförmiger Mantel theils eine dünne, aber einfache Schaale absondert, theils nackt bleibt, und auch als Kappe über den Kopf und seine Tentakeln fortgreift. Neben dem Kopfe, der übrigens oft noch fehlt, gehen von der Bauchfläche die beiden Flügel aus, und zwischen ihnen öffnen sich After und Genitalien. Die Thiere scheinen Zwitter zu sein, d. h. Hoden und Eierstöcke zugleich zu besitzen. Sie leben im hohen Meere, und finden sich nicht fossil. Die Gattung Clio ist als Speise der Wallfische besonders bekannt.

Von großer Bedeutung in der Gegenwart, wie in der Vorzeit, ist die Ordnung der Schnecken (Gastropoda), die zahlreichste aller Molluskengruppen und die reinste typische Darstellung derselben. Ich darf annehmen, daß Jedermann unsere Gartenschnecke kennt, und die Zusammensetzung ihres Körpers aus zwei Haupttheilen sich gemerkt hat. Die fleischige Sohle, auf der das Thier kriecht, stellt den Rumpf dar, woran vorn der Kopf ruht mit den Tastern: zwei oberen größeren, die Augen tragen, und zwei unteren neben dem Munde. Die Compressionsrichtung dieser Sohle von oben nach unten, und die untergeordnete Beziehung des Kopfes zu ihr, ist der wahrhaft typische Charakter der Schnecken. Auf der Mitte des Rückens ruht die Mantelhöhle von einer meistens gewundenen Schaale bekleidet, in deren Form nicht leicht ein symmetrischer Grundtypus erkannt wird. Und doch ist derselbe vorhanden, denn der Mantelsack ist ursprünglich ein flacher Kegel mit elliptischer Basis, der nach und nach höher wird, dann mit der Spitze sich rückwärts überbiegt, und bis zu dieser Modification noch deutlich seine symmetrische Gestalt verräth. Wird er indeß noch höher und zugleich seine Basis kleiner, so rollt er sich von der Spitze herab spiralig zusammen; bald so, daß alle Windungen in einer Ebene bleiben (z. B. Planorbis), bald nach links oder nach rechts aus der Mittellinie des Rumpfes heraustretend

Dann ist die Symmetrie versteckt, aber nicht verschwunden[5]). Das Aufrollen geschieht durch Drehung des Embryos im Ei um seine Achse, in den ersten Tagen seiner Gestaltung, ist mithin kein primäres, sondern ein abgeleitetes Bildungsmoment, dessen vielfache wirkliche Variationen sich ganz wie bei den Pflanzen auf mathematische Grundformeln reduciren lassen, aber eine unendliche Menge einzelner Fälle verstatten. Indeß nicht hiervon nimmt die Natur das Differenzirungsprincip, sondern von der Gestaltung des Respirationsorganes, insofern dieses als das Bedingniß der Modification auftritt. Es besteht theils in Kiemen, die ohne bestimmte Form und Ordnung frei auf dem Mantel oder an seinem Rande zwischen ihm und dem Rumpfe sitzen (Heterobranchia); theils in kammförmigen Kiemen, welche sich in einer besondern Höhle am Eingange des Mantels befinden (Ctenobranchia); theils endlich bloß aus dieser Höhle ohne Kiemen (Pulmonata). Solche Schnecken athmen Luft, leben zum Theil auf dem Lande und sind Zwitter; die übrigen sind Wasserbewohner, größtentheils Meerschnecken, und getrennten Geschlechts. Die Kammkiemenschnecken nähren sich theils von kleinen Thieren (Zoophaga), theils von Gewächsen (Phytophaga); welche Nahrung auch die luftathmenden Lungenschnecken gewählt haben. Beide besitzen Zahnapparate zur Zermalmung ihrer Nahrungsmittel im Munde, namentlich die Zoophagen eine weit ausstreckbare, mit Zähnen besetzte, zungenförmig ausstülpbare Mundhöhle, deren sie sich zum Fangen ihrer Beute bedienen. Alle einheimischen Land- und Süßwasserschnecken gehören, mit Ausnahme einiger Gattungen (Paludina, Neritina, Ancylus), zu den Lungenschnecken, und manche von ihnen sind, gleich der schwarzen Waldschnecke, schaalenlos; die Kammkiemenschnecken haben die vollkommenste gewundene Schaale, die Heterobranchien erscheinen theils nackt, theils von flachen, gar nicht oder wenig gewundenen Schaalen bedeckt. Bei einer merkwürdigen abnormen Gattung Chiton besteht die flache elliptische Schaale aus 6 bis 8 Stücken, der einzige Fall einer mehrtheiligen Schneckenschaale. Indeß sind viele Schnecken mit einem Deckel versehen, der am Ende des Fußes haftet und die Schaale schließt, wenn sich das Thier in dieselbe zurückzieht.

Zu den Gastropoden verhält sich in vieler Beziehung die Gruppe der Cephalopoden eben so, wie die der Brachiopoden zu den Muscheln; wenige lebende Formen stellen sich dar, während die Vorwelt

---

5) Um die Symmetrie der scheinbar asymmetrisch aufgerollten Schneckenschaalen zu verstehen, braucht man nicht zu der gewiß ganz unnatürlichen Deutung zu greifen, als ob die Schnecke eigentlich zwei opponente Gehäuse und Mantelsäcke habe, von denen der eine (bald der linke, bald der rechte) verloren gegangen sei; die flachen Patellen ꝛc. widersprechen dem direct. Auch hat schon Carus die Drehung der Schneckenembryonen und die davon abhängige Aufwickelung ihres Mantelsacks durch Beobachtung nachgewiesen. Nov. Act. Leop. XIII. 2. und V. d. ausser. Lebensbed. d. n. Th. etc. S. 65.

außerordentlich reich war an Mitgliedern. Ihr wahrhaft typischer Begriff liegt im Bau des Kopfes, dem der bewegende Körpertheil untergeordnet ist, obwohl er an sich eine entschieden höhere Ausbildung als bei den Gastropoden besitzt. Daher umgeben fleischige, oft mit besonderen Haftorganen, sogenannten Saugnäpfen, besetzte Arme in grader Zahl und regulärer Stellung die Mundöffnung, in welcher zwei starke, kräftige schnabelförmige Kiefer stecken; seitlich ragen am Kopf die großen Augen hervor. Von diesem Kopf ist der sackförmige, die Vegetationsorgane umschließende Mantel durch eine starke Einschnürung gesondert, und eben so deutlich abgesetzt, wie bei den Gastropoden; in der Regel umgiebt sein freier Rand den unteren Theil des Kopfes. Er nimmt je nach der Beschaffenheit der Kalkschaale, welche er abscheidet, zwei Formen an, ist entweder dick und fleischig, und dann steckt die Schaale an der Rückenseite in ihm, eine flache, nur selten am Hinterrande erweiterte, mützenförmige Platte bildend; oder er ist eine zartere, selbst durchsichtige Hülle, deren Oberfläche eine kalkige Schaale absondert. In beiden Fällen liegen die kammförmigen Kiemen in einer besonderen Höhle am Bauche, und zu ihr führt an der unteren Seite des Mantels ein trichterförmiger, von der Kehle ausgehender Fortsatz, durch den das Wasser aus der Kiemenhöhle abfließt, nachdem es durch Spalten neben ihm eingedrungen war. In jenen Trichter öffnet auch der After und ein durch sein braunes Sekret als Dintenbeutel bekanntes Organ, aus dem die braune Farbe Sepia und selbst die chinesische Tusche gewonnen wird. — Nach den Armen und der damit harmonirenden Kiemenbildung zerfallen die Cephalopoden in Tentaculiferen, mit zahlreichen Armen ohne Saugnäpfe, vier Kiemen, und mehrfächeriger Schaale, deren Bewohner nur im letzten Fach steckt, aber durch einen engen Kanal, der die Scheidewände röhrenförmig durchbohrt (daher Sipho), mit den übrigen Fächern noch communicirt; und in Acetabuliferen, mit wenigen (meist 8 oder 10) Saugnäpfe tragenden Armen und zwei Kiemen. Ihre Schaale ist theils wie bei den vorigen gebaut, also vielkammerig (daher Polythalamien), theils einkammerig ohne Scheidewände (Monothalamien), theils im Mantel versteckt, eine flache Platte ohne alle Kammern (Athalamien), und fehlt mitunter ganz. Die Tentaculiferen waren in der Urwelt häufiger als jetzt, sie hatten in den Ammoniten ihre Hauptrepräsentanten; die Acetabuliferen wurden damals besonders von den untergegangenen Belemniten vertreten. Lebend erscheinen sie in dreifacher Form, d. h. mit vielen Armen und äußerer polythalamer Schaale (Spirula), mit 10 Armen und innerer, plattenförmiger Schaale (Sepiadae), und mit 8 Armen sowohl schaalenlos (Octopus), als auch in einer äußeren monothalamen Schaale steckend (Argonauta). Mit den Sepien scheinen die Belemniten in der Körperbildung die meiste Verwandtschaft gehabt zu haben. Ein lebender Repräsentant der Tentaculiferen ist Nautilus, während Spirula zwar in der polythalamen Schaale mit ihnen übereinstimmt, aber dem Thiere nach den

Acetabuliferen angehört. Wahrscheinlich waren die Thiere der untergegangenen Polythalamien dem von Nautilus ähnlich organisirt, d. h. ihnen fehlte, wie diesem, der Dintenbeutel; wenigstens vermißt man seinen sonst wohl sichtbaren Rest bei den Ammoniten immer. Uebrigens halten sich die Cephalopoden nur im Meere auf, nähren sich von kleineren Meerthieren oder Fischen, kriechen am Boden und schwimmen, indem sie Wasser in die Kiemenhöhle ziehen und mit Gewalt aus dem Trichter hervorstoßen. Ihrer Arme bedienen sie sich bei dieser Bewegung nicht, selbst nicht Argonauta, von der man früher meinte, daß sie die beiden hinteren breit gesäumten Arme als Segel ausspanne, während sie gerade diese Arme um die Schaale schlägt und dadurch letztere festhält. Einige aber, welche Krallen an den Armen statt der Saugnäpfe haben, fangen damit ihre Beute, wie z. B. Onycholeuthis. Dieser Form standen die untergegangenen Belemniten am nächsten; denn auch deren Arme waren mit hakigen Krallen besetzt. — Die Polythalamien sind durch Muskeln an die Schaale befestigt, und schlagen außerdem noch einen Theil des freien Mantelrandes über den Schaalenrand, sie zu halten. Sämmtliche Cephalopoden scheinen getrennten Geschlechtes zu sein. —

21.

Fortsetzung. — Gliederthiere.

Die Gruppe des Thierreiches, welche den Namen Gliederthiere (Arthrozoa) führt, ist die mannigfaltigste und umfassendste von allen, reicher an Arten als die übrigen Klassen zusammengenommen, reicher selbst als das Pflanzenreich. Ein langgestreckter, in mehr oder minder deutliche, gleiche oder ungleiche Abschnitte getheilter Körper ist das einzige allen gemeinsame Merkmal und der wichtigste bleibende Charakter, welcher sie von den übrigen Gruppen unterscheidet. Derselbe hat immer einen Mund am Vorderende, aber nicht immer zugleich einen After; wo er aber vorhanden ist, da liegt er hinten, am entgegengesetzten Ende. Zwischen beiden läuft ein einfacher Nahrungskanal gradlinig durch alle Ringe; bei mangelndem After dagegen bildet er einen zweischenkeligen gabeligen Darm, der oft Seitenäste abgiebt, und hinten geschlossen (blind) ist. Sobald der Darmkanal deutlich sich entwickelt hat, erscheinen auch Blutgefäße und Nerven, erstere als Längskanäle, die den Darmkanal zwischen sich fassen, und in jedem Ringe, oder in gewissen nach gleichen Zwischenräumen, Aeste ausschicken; letztere als ein doppelter, am Bauch unter allen Eingeweiden verlaufender Strang, der in

jedem Ringe einen Knoten (ganglion) bildet, und von diesem seine Fäden entsendet. Ein Hauptknoten über dem Schlunde giebt Fäden zu Tastern, Fühlern und Augen her; Organe, die auf dieser Entwickelungsstufe schon nicht mehr fehlen. Dagegen vermißt man lange Zeit besondere Respirationsorgane, indem die äußere weiche Haut ihre Stelle vertritt; später erscheinen sie, theils als äußere, theils als innere, die paarig von den Seiten des Körpers auszugehen pflegen. Fortpflanzungsorgane finden sich mit wenigen Ausnahmen, und zwar immer beide, männliche wie weibliche; anfangs in demselben Individuum, später getrennt. Das sind die allgemeinsten Grundverhältnisse, von denen die Organisation der Gliederthiere ausgeht, wenn es gleich viele Mitglieder dieser großen Gruppe giebt, welche sich noch nicht im völligen Besitz aller genannten Organe befinden.

Aus so einfacher Grundlage eine formelle Mannigfaltigkeit abzuleiten, die größer sein sollte als der Formengehalt irgend einer anderen Abtheilung von Naturkörpern, war eine Aufgabe, zu deren Lösung der gewöhnliche Modificationsgang nicht ausreichte. Daher begegnen wir bald mehreren gleichzeitig in Anwendung gebrachten Modificationsmomenten, welche durch das früher (S. 322) angegebene Uebergreifen der Differenzen einen höchst allmäligen Entwickelungsgang in der Reihe der Gliederthiere bewirken und die scharfen Distinctionen der Gruppen erschweren, wenn nicht gar unmöglich machen. Dreierlei Bedingungen scheinen diesen Entwickelungsgang gleichzeitig zu beherrschen; zunächst die Ableitung heteronomer Formen mit constantem Numerus aus der homonomen unendlichen Grundform, dann das Anpassen des gegebenen Typus an die verschiedenen Hauptunterschiede der Medien, endlich die schmarotzende Lebensweise oder der Parasitismus. Jedes dieser drei Momente bedingt eine eigenthümliche Modification und bewirkt dadurch, daß sich die einzelnen Bedingungen auf verschiedenen Entwickelungsstufen wiederholen, einen etwas verwickelten Gang in der allmäligen Ausbildung des ganzen Typus bis zu seiner höchsten Vollendung. — Die drei genannten Modificationsbedingungen fallen übrigens bei den früheren Thiergruppen weg, und erscheinen selbst bei den Rückgratthieren nur theilweis wieder; wichtige Umstände, welche die größere Einheit der Formen, und die minder sanften Uebergänge der einen Form in die andere für alle früheren und folgenden Thiergruppen nothwendig machen. Denn die Begriffe von Homonomität und Heteronomität sind nur da zulässig, wo der ganze Körper ein Multiplum einfacher Grundtheile ist, was weder bei den regulären, noch bei den bisher betrachteten symmetrischen Thieren der Fall war. Ihr Körper erscheint immer als eine ungetheilte Grundform, keineswegs als ein Compositum gleicher oder ungleicher Abschnitte. Auf der andern Seite werden wir bei den **Rückgratthieren** sofort als Grundlage des Körpers den heteronomen Typus antreffen, mithin alle homonomen Gestalten völlig vermissen. Nicht ganz so verhält sich das Differenzirungsmoment, welches auf dem Anpassen des Typus an verschiedene

Medien beruhet. Dies bewirkte schon bei den Gastropoden die Unterschiede der Lungen- und Kiemenschnecken, fand aber übrigens keine Anwendung bei allen früheren Gruppen, da sie sämmtlich, mit jener einzigen Ausnahme, Wasserbewohner sind, und ihr feuchtes Element nicht leicht verlassen. Allein die Gliederthiere und Rückgratthiere schließen sich allen Medien an, und dieser Umstand weckt in ihnen die erste, wichtigste Hauptdifferenz, namentlich Unterschiede an den Bewegungsorganen, die besonders sehr grell erscheinen müssen, weil die Bewegungsorgane es sind, welche zunächst durch die Differenz des Mediums afficirt werden. Floße, Flügel und Fuß wurden mit ihren eigenthümlichen Formen durch solche Unterschiede hervorgerufen. Dagegen scheint die Bedingung des Parasitismus nur für Gliederthiere wichtig zu sein, weil alle Rückgratthiere eben so gut, wie alle früher betrachteten Abtheilungen des Thierreiches, selbst für ihre Nahrung sorgen, und sich nicht an den Ernährungsproceß eines anderen Thieres anschließen, seine Nahrungsstoffe mit für sich in Anspruch nehmend. Ein solcher Anschluß an fremde Geschöpfe verleiht dem Parasiten mancherlei wichtige Eigenschaften, zunächst mangelhafte Beweglichkeit, da er auf den Leib seines Wohnthieres beschränkt ist, und häufig nur in ganz bestimmten Organen sich aufhält. Parasiten bedürfen ferner unvollkommener Ernährungsorgane, da ihre Nahrungsmittel in schon zubereiteten Nahrungsstoffen bestehen; es fehlen ihnen also häufig Respirationsorgane und Blutgefäße, als diejenigen Werkzeuge, welche die Veränderung der Nahrungsstoffe vor der Assimilation bewirken. Dagegen haben alle Parasiten, die nicht in geschlossenen Höhlen des Körpers anderer Thiere sich aufhalten, sehr entwickelte Genitalien, weil die Bewegungen des Wohnthieres und seiner Organe das Festhaften der Eier des Parasiten erschweren und aus diesem Grunde eine große Menge gleichzeitiger Nachkommen wünschenswerth ist. Gehen auch Tausende von ihnen unter, sicher bleibt die Wahrscheinlichkeit ihrer Entwickelung um so größer, je größer die Anzahl der Eier ist, welche sie hervorbringen können. Betrachtungen dieser Art beweisen eine allseitige durchgreifende Gesetzmäßigkeit in der Natur und lassen Verhältnisse als nothwendig erscheinen, die wir oft für verkehrt und überflüssig halten. Denn geht wirklich ein Geschöpf unter der zahllosen Menge seiner Parasiten zu Grunde, was allerdings der Fall sein kann, und oft wirklich geschieht, so liegt die Schuld zum Theil an ihm oder seiner besonderen Individualität, da es in seiner Macht stand; wenn es äußere Eindringlinge waren, dieselben durch schnelle Bewegungen zu verscheuchen, oder wenn sie in ihm sich bildeten, ihre abnorme Vermehrung durch regelrechte Unterhaltung seiner vitalen Actionen zu hemmen [1]). Der krank-

---

1) Zur näheren Erklärung dieser Behauptung will ich bemerken, daß Parasiten, die ihr Thier absolut tödten, nur bei den Gliederthieren vorkommen und dann immer von außen eindringen (Schlupfwespen), also abgehalten werden konnten. Die an

hafte Proceß, welcher die Bildung von Parasiten häufig unterstützt, ist freilich nicht durch die Willkür des Erkrankten zu heben, aber die Natur nimmt auf Kranke keine Rücksicht mehr; sie sieht in jedem Geschöpf, das nicht in den Grenzen seiner normalen Thätigkeit bleiben kann, ein dem Tode verfallenes Individuum, und überläßt es seinem Schicksal. Hier zu leiten und die lässigen oder stürmischen Organe in das gewohnte Geleis zurückzuführen, ist allein der sorgsam pflegenden Hand des Menschen vergönnt worden; und daß er diese Fähigkeiten sich selbst, seiner Beobachtung und seinen Erfahrungen verdankt, lehrt die Geschichte der Heilwissenschaft entschieden.

Wir können nunmehr die Entwickelung der Gliederthierreihe beginnen und werden sie möglichst kurz fassen, da die ungeheure Menge wirklicher Formen unsere Geduld erschöpfen würde, auch nur ein sehr geringer Theil von ihnen geologische Bedeutung hat. Selbst in der Gegenwart entziehen sich die meisten durch Kleinheit ihres Körpers und versteckte Lebensweise dem gewöhnlichen Beobachter.

Von den Einwirkungen der Medien auf den Typus der Gliederthiere ausgehend, begegnen uns vier Hauptabtheilungen oder Klassen, welche als Wassergliederthiere, amphibiotische Gliederthiere, Landgliederthiere und Luftgliederthiere sich bezeichnen lassen. —

Die Wassergliederthiere haben durchweg einen homonomen Typus mit unbestimmtem Numerus, und heißen nach ihrer allgemeinen Form Würmer (Vermes). Sie bilden die fünfte Klasse des Thierreiches, bewohnen, wenn auch nicht immer das Wasser, doch stets feuchte Aufenthaltsorte, haben ungegliederte, oft gar keine Bewegungsorgane und Kiemen, falls eigenthümliche Respirationsorgane ihnen zukommen. Sie stellen in sich drei Stufen der Entwickelung (Ordnungen) dar, deren Unterschiede in den Bewegungsorganen und ihrer Anordnung liegen. Anfangs zeigen sich dieselben als Saugnäpfe oder Hakenkränze bloß am ersten Ringe, der dadurch eine andere Form erhält und deshalb Kopf heißt. Diese Würmer (Helminthes) sind sämmtlich innere Parasiten, deren Organisation sich auf höchst entwickelte Genitalien zu beschränken scheint. Der Drehwurm der Schafe (Coenurus), die Finne (Cysticercus), der Bandwurm (Taenia und Bothriocephalus) und der Kratzer (Echinorrhynchus) gehören ihnen an. — In der zweiten Ordnung (Trematodes) erscheinen die Saugnäpfe nicht bloß am Kopfe in der Umgebung des Mundes, sondern noch an andern Stellen, gewöhnlich hinten, theils in der Mittellinie, theils zu beiden Seiten. Auch diese Würmer sind größtentheils noch innere Para-

Ort und Stelle, wo sie wohnen, entwickelten Parasiten sind in der Regel nicht letal, sondern werden es nur unter ungünstigen Umständen, wenn das befallene Individuum schon schwächlich war und die Vermehrung oder Vergrößerung der Parasiten dadurch besonders begünstigte. —

siten, deren Geschlechtswerkzeuge die meisten anderen Organe verdrängen, wie z. B. beim Leberegel (Distomum); in höherer Ausbildung werden sie Autotrophen mit Augen, Blutgefäßen, die selbst rothes Blut enthalten, und Respirationsorganen. Solche Würmer haben zuerst einen After, allen früheren Gruppen fehlt er. Der Blutegel (Hirudo) ist ihr Hauptrepräsentant; sein nicht sehr langer, flachrunder, lanzettförmiger Körper kommt mehr oder weniger allen Trematoden zu, und ist bei vielen zur dünnen Blattform gesteigert. Dann bleiben die Ringe undeutlich. — Die dritte Ordnung (Annulati) enthält drehrunde Würmer mit After, deutlicher Ringelung und zum Theil abgeplatteter Bauchfläche. Parasitische Gestalten (Nematodes), deren bekannteste Form der Spulwurm (Ascaris) ist, eröffnen die Reihe; sie haben keine Bewegungsorgane, keine Kiemen, vielleicht keine Blutgefäße, aber einen großen Darm und höchst entwickelte Genitalien. Zu ihnen verhält sich der Regenwurm (Lumbricus), wie der Blutegel zu den parasitischen Trematoden. Kurze, aber steife Borsten, die in acht Reihen unten und an den Seiten seines Körpers hervortreten, dienen ihm als Bewegungsorgane; rothes Blut in sehr entwickelten Gefäßen, keine äußeren Kiemen und kleine, nur periodisch entwickelte, zwitterförmige Genitalien gehören zu seinen ferneren Merkmalen. Augen hat er noch nicht. Dieselben erscheinen bei den ähnlich gebauten Naiden zuerst, gehen bei den übrigens höher entwickelten Röhrenwürmern (Tubiculae) des Meeres wieder verloren, und werden neben Fühlern, entwickelten Füßen mit mannigfachen Borsten und neben Kiemen in den vollkommensten Mitgliedern der Klasse, den Fühlerwürmern (Antennigeri), allgemeiner. Letztere kriechen frei im Meere umher, erstere stecken in Röhren, die theils bloße Bohrlöcher im Schlamm sind, theils durch kalkige Secretion der thierischen Oberfläche gebildet werden. In diesem Falle nisten sich die Würmer (Serpulae) gern auf anderen Meerbewohnern, Krebsen, Muscheln und Schnecken oder Steinen an, und kommen mit ihnen auch aus früheren Erdperioden versteinert vor. Von allen anderen Wurmfamilien haben ältere Erdschichten uns keine Reste aufbewahrt. —

Die amphibiotische Gruppe der Gliederthiere ist die sechste Klasse des Thierreiches; man bezeichnete sie nach ihrem Hauptrepräsentanten als Krebse (Crustacea). Dreierlei Momente setzen ihren typischen Begriff zusammen; durchgreifende Heteronomität, partielle oder unter sich differente Bewegungsorgane, und Kiemenrespiration mit den daraus folgenden Eigenheiten des Gefäßsystems. Am wichtigsten für die äußere Form ist offenbar die Heteronomität der Körperringe, daher wir uns mit ihrer Betrachtung zunächst beschäftigen. So lange die Homonomität den Typus der Gliederthiere beherrscht, haben alle Ringe des Körpers gleichen Bau, und werden höchstens von andern, abweichend gebildeten, nach constanten numerischen Abschnitten unterbrochen. Auch die inneren Organe folgen demselben Gesetz, so weit es ihre eigenthümliche Form verstattet. Mit dem Eintreten der

Heteronomität ändert sich diese Anlage, indem zunächst die Körperringe ungleiche Gestalt und Größe annehmen, dann aber auch von den gleichmäßig vorhandenen Organen einige sich hierhin begeben, andere dorthin. Bestreben der Natur wird es nun, drei Hauptabschnitte des Leibes darzustellen, von denen der erste die Sinneswerkzeuge, den Mund und die Kiefer trägt; der zweite die eigentlichen Bewegungsorgane; der dritte entweder gar keine äußeren Organe, oder einfacher gebildete Flossen, dafür aber die Hauptmasse der Vegetationsorgane an sich zieht. Sind diese drei Abschnitte vollendet, so heißt der erste Kopf (caput), der zweite Brustkasten (thorax), der dritte Hinterleib (abdomen). Die Grenze des ersten und zweiten Abschnittes bezeichnet der Mund, die Grenze des zweiten und dritten entweder die Differenz des Baues, oder, wo eine solche mangelt, die Lage der Geschlechtsöffnungen. Am Ende des dritten Abschnittes findet sich in der Regel der After. Um diese drei Hauptabschnitte darzustellen, verfolgt die Entwickelung des Typus einen sehr einfachen Weg, indem sie zunächst bloß die vordersten Ringe des Rumpfes verdickt und mit besonderen Organen versieht, die hinteren ungeändert läßt. Gewöhnlich tritt dann in jenen vordersten Ringen schon ein constanter Numerus auf, aber noch kein Unterschied von Kopf und Brustkasten. Deshalb nennt man einen so gebildeten größeren Körperabschnitt, der zugleich Sinneswerkzeuge, Kiefer und Bewegungsorgane trägt, einen Cephalothorax. Die Gestaltung desselben auf mehrfache Art ist die Hauptaufgabe der Krebse, eine Aufgabe, die von ihren vollkommensten Gliedern zwar genügend erreicht, aber nicht überschritten wird, während einige minder typische Gruppen es zu einer mehr selbstständigen Darstellung des Kopfes bringen. In der Regel hat übrigens der Kopf, er sei frei oder mit dem Brustkasten verwachsen, zwei Paar Fühler, von denen sich die vordersten kleineren beim Flußkrebs entschieden als Geruchswerkzeuge, die hinteren größeren als Gehörsorgane darstellen, und ein Paar aus vielen kleinen Aeugelchen zusammengesetzter Augen. Diese Art von Augen ist Charakter der Gliederthiere, kein anderes Geschöpf hat ähnlich gebildete Gesichtswerkzeuge. Am Cephalothorax sind die Augen gewöhnlich beweglich, am freien Kopfe aber unbeweglich, da seine Beweglichkeit zur allseitigen Umsicht genügt. Im Munde befinden sich ein Paar Kiefer, und hinter ihm noch 1 bis 5 Paare von Organen, welche ich accessorische Mundtheile nenne, da sie eigentlich zum Brustkasten gehören, und modificirte Bewegungsorgane sind. Demnach würden sich die Organe des Kopfes auf Fühler, Augen und Kiefer beschränken. Alle genannten Organe haben übrigens ursprünglich denselben Bau, es sind bewegliche Fortsätze des Stammes, gleichsam symmetrische Radien der Achse, die an einem einfachen Grundgliede theils eine, theils zwei parallele[2]) Gliederreihen

2) Es scheint, als wenn die zweireihige Form überall die ursprüngliche ist, und aus ihr durch Verkümmerung einer Gliederreihe erst die einreihige Form entsteht.

reihen tragen. In den Fühlern bleibt dieser Grundtypus mehr oder weniger rein, in den Kiefern verkümmert der gegliederte Fortsatz zu Gunsten des kauenden Grundgliedes, und erscheint nur noch hie und da als kurzer, dreigliedriger Anhang, den man Taster nennt. In den accessorischen Mundtheilen ist immer die zweireihige Form der Gliedmaßen deutlich zu erkennen, indeß sind beide Gliederreihen nie gleich groß, bald ist die äußere (vorn), bald die innere (hinten) mehr entwickelt. Auch in den wahren Bewegungsorganen bleiben beide Gliederreihen sichtbar, so lange sie bloß zum Schwimmen dienen; alsdann haben beide Reihen bald gleiche, bald ungleiche Länge und sind mit langen Borsten besetzt, die sich beim Rudern ausbreiten. In dieser Form heißen sie Flossen. Ist aber nur noch eine Gliederreihe vorhanden, und das Organ eine harte kräftige Stütze des Körpers geworden, die zum Gehen taugt, so nennt man es Fuß. Aus solchen Modificationselementen ist die typische Mannigfaltigkeit der Krebse zusammengesetzt; überblicken wir sie nun im Zusammenhange. —

Der Brustkasten wird bei den Krebsen, wie bei allen heteronomen Gliederthieren, das vorzugsweise den Charakter der Gruppe bestimmende Organ; er zeigt uns bei den Crustaceen nicht bloß einen zwiefachen Numerus seiner Glieder, sondern auch Produkte jedes einzelnen Numerus, die weiterhin nicht wieder vorkommen. Beide Momente bezeichnen einen Krebs mit positivster Gewißheit. Der erste Numerus ist Drei; er tritt vielleicht nur einmal (bei Cypris) als Einheit auf, und erscheint in der Regel in mehrfachen Produkten (zweimal, dreimal, selbst viermal), deren Klarheit indeß durch das Uebergehen einzelner Ringe mit ihren Gliedern in den Kopf, wo sich die letzteren zu accessorischen Mundtheilen gestalten, getrübt wird. Ich nenne diese Gruppe der Krebse wegen großer meist lederartiger Schaalen, die sie zu bedecken pflegen, Ostracodermen, und trenne sie in zwei Unterabtheilungen nach der Metamorphose. Von ihr muß zunächst das Wichtigste gesagt werden.

Sehr viele Gliederthiere verlassen das Ei unter einer Form, die von der spätern des reifen Lebensalters gar sehr verschieden ist. Sie müssen also durch allmälige Umwandlung, wobei sie jedesmal die ganze frühere Oberhaut abstreifen, sich häuten, wie man sagt, in die spätere Form übergehen. In der Regel vermehren sich dabei nicht bloß die Bewegungsorgane und Sinneswerkzeuge, sondern sie vergrößern sich auch einzeln; selbst dann, wenn ihre Zahl abnimmt, was bei den Insekten der Fall ist. Dadurch bekommt das Thier im reifen Lebensalter größere Freiheit und überhaupt eine höhere organische Entwickelung. Man nennt deshalb seine Metamorphose eine fortschreitende. Allein einige Gliederthiere, besonders Parasiten, gehen in vielen Beziehungen mit fortschreitendem Alter rückwärts, verlieren Augen und Fühler, die sie in der Jugend hatten, und behalten mitunter (Lernäen) gar keine äußeren Bewegungsorgane. Diese Metamorphose nannte ich rückschreitend. — Unter den Ostracoder-

men treffen wir auf mehrere Gruppen, woselbst rückschreitende Metamorphose sich zeigt, und aus ihnen bilde ich die erste Ordnung der Haftkrebse (Prothesmia s. Pseudocephala), weil mehrere Mitglieder derselben im reifen Lebensalter, gleich den Polypen, als unbeweglich fixirte Thiere festsitzen. Allgemein kommt dieser Charakter und die rückschreitende Metamorphose nur den Rankenfüßern (Cirripedia) zu; größtentheils zeigt er sich bei den Schmarotzerkrebsen (Siphonostoma), als seltnere Eigenschaft bei den Räderthieren (Rotatoria), welche sich durch die ungegliederten Bewegungsorgane von den anderen beiden Gruppen eben so sehr, wie von den meisten Crustaceen unterscheiden, und deshalb, nach der Meinung mancher Naturforscher, nicht zu ihnen gehören. Fossil sind davon nur die Cirripedien beobachtet worden. — Die Ostracodermen mit fortschreitender Metamorphose nenne ich Schaalenkrebse (Aspidostraca s. Entomostraca) und unterscheide sie durch ihre zusammengesetzten Augen mit glatter Hornhaut, ihre Fühler und ihre abweichend gebauten Bewegungsorgane von jenen. Zwei ihrer Familien haben bloß Flossen, und dann gewöhnlich keine am Hinterleibe. Bei den Lophyropoden ist der Numerus des Brustkastens schwankend (3, 6 bis 9) und die Füße sind deutlicher gegliedert; bei den Phyllopoden mit constantem Numerus von eilf (4×3—1) Ringen im Brustkasten sind die Flossen bloße Hautlappen, die nicht immer auf den Brustkasten beschränkt zu sein pflegen. Die Pöcilopoden, als dritte Familie, haben 6 Paar Gangfüße am Cephalothorax, deren Hüften zugleich als Kiefer wirken, wie das vorderste Paar die Fühler vertritt, und 6 Paar Flossenfüße mit Kiemen am Hinterleibe; ein langer beweglicher Stachel bildet den Schluß dieses sonderbaren, aus zwei Schildern zusammengesetzten Körpers. Von der einzigen Gattung Limulus, die den Inhalt dieser Gruppe ausmacht, kennt man 4 lebende Arten und mehrere fossile aus dem lithographischen Schiefer der Juraformation. Dagegen scheint die älteste Krebsfamilie der Trilobiten, deren Reste im Thonschiefer, der Grauwacke und dem Uebergangskalk gefunden werden, am nächsten mit den Phyllopoden verwandt gewesen zu sein.

Die zweite Hauptabtheilung der Krebse mit dem constanten Numerus von 10 (2×5) Brustkastenringen hat einen härteren Kalkpanzer, nach dem sie schon von den alten Griechen Malacostraca genannt wurde. Sie ist in jeder Beziehung eine gesetzmäßige Abtheilung, deren Kopf stets 2 Paar Fühler, 1 Paar Augen mit fazettirter Hornhaut und 1 Paar Kiefer trägt. Am Brustkasten haften, mit wenigen Ausnahmen, nur Gangfüße, am Hinterleibe nur Flossen. Die Zahl seiner sichtbaren Ringe schwankt von 1 bis 7, doch scheinen im ersten Falle bloß mehrere Ringe (wohl 3) von einem gemeinsamen Schilde bedeckt zu sein. Ihre Metamorphose ist weniger augenfällig und immer fortschreitend. Nach der Stellung des Kopfes zum Brustkasten giebt es zwei Ordnungen; in der ersten von beiden, der dritten

der ganzen Klasse, ist ein wahrer, von einem gemeinsamen Panzer ganz oder größtentheils bedeckter Cephalothorax mit beweglichen Augen vorhanden, daher ich diese Gruppe Panzerkrebse (Thoracostraca s. Podophthalma) nannte; in der zweiten oder vierten Ordnung hat der Kopf in der Regel seine eigne Beweglichkeit erlangt, aber die Augen sind fixirt, und der Brustkasten ist von einzelnen Panzerringen bedeckt; daher heißen sie Ringelkrebse (Arthrostraca, auch Edriophthalma). Kein Mitglied der letzteren ist bisher im fossilen Zustande unterhalb der Tertiärschichten beobachtet worden, während untergegangene Formen der Panzerkrebse in allen Formationen bis zum Zechstein hinab nicht selten sind. Denn zu ihnen gehören die Dekapoden, Krebse mit gemeinsamem Brustpanzer, 5 Paar accessorischen Mundtheilen und 5 Paar Gangfüßen, deren erste Paare mitunter Scheeren bilden. Ihr Hinterleib hat theils eine große Endflosse, und ist dann ausgestreckt (Macruren), theils fehlt die Endflosse, bei vorwärts eingebogener, gegen die Brust geklappter Stellung (Brachyuren). Jene herrschen in ältern, diese in jüngeren Schichten vor. Neben ihnen laufen noch als dritte Gruppe die Stomatopoden, mit 2 Paar accessorischen Mundtheilen und 8 Paar Füßen am Brustkasten, die alle (Mysis) oder theilweis (Squilla) Flossenformen annehmen. Auch sie finden sich in Juragliedern im fossilen Zustande. — Die Ringelkrebse befolgen das Zahlengesetz 3 + 7 im Brustkasten, haben also drei Paare accessorischer Mundtheile, mithin sieben freie Brustkastenringe, aus denen sechs werden, wenn der erste inniger mit dem Kopfe sich vereint. Dennoch stellen sie wieder drei Familien dar. Amphipoden heißen die Gattungen mit hohem, von beiden Seiten her zusammengedrücktem Körper, deutlichem Hinterleibe und ungleichen Füßen am Brustkasten; Lämodipoden nennt man die Gattungen ohne Hinterleib, mit ungleichen Füßen und 6 Brustkastenringen; Isopoden endlich die Formen mit vertikaler Compressionsrichtung, also flachem oder flachrundem Rumpfe, und einander ziemlich ähnlichen, selbst ganz gleichen Brustkastenfüßen. Zu ihnen gehören die einzigen beständigen Landbewohner unter den Krebsen, deren Hauptrepräsentant der sogenannte Kelleresel, richtiger Kellerassel (Oniscus) ist.

Alle Gliederthiere über den Krebsen stimmen mehr mit einander, als mit den vorigen überein, und haben wichtige gemeinsame Organisationsmomente. Für das wichtigste halte ich die Identität im Numerus der Brustkastenringe; denn überall treten da, wo ein solcher Körpertheil sich deutlich nachweisen läßt, fünf (1 × 5) Glieder in ihm auf. Wir sehen darin die Grundzahl der zweiten Abtheilung der Krebse wiederkehren, aber nicht als Duplicatur, sondern als Einheit Platz greifen. Diese höheren Gliederthiere haben ferner nur innere, Luft in sich aufnehmende Respirationsorgane: gewöhnlich verästelte Röhren, Tracheen genannt, und gleichzeitig sehr unvollkommene Blutgefäße, weil die Oxydation des Blutes überall bewirkt werden kann; insofern dasselbe die Organe umspülend an-

jeder Stelle mit den Tracheen in Berührung kommt. Ein am Rücken liegendes Längsgefäß ist der einzige allgemein vorhandene Rest des Gefäßsystemes; es setzt durch seine rhythmischen Contractionen das zwischen den Organen durchströmende Blut in Bewegung. Die Bewegungsorgane dieser Gliederthiere sind stets einfache Gangfüße, nie Flossen; doch kommen zugleich auch Flügel neben ihnen vor. Hiernach theilt man sie ein.

Die flügellosen Arthrozoen mit inneren 3) Athmungsorganen und einfachen Gangfüßen bilden die dritte Klasse, die siebente des Thierreiches; sie heißen nach den Hauptrepräsentanten spinnenartige Gliederthiere (Arachnoidea). Man hat sie seither immer in zwei Ordnungen zerlegt, von welchen die erste mehr einen homonomen Grundtypus beibehält, und wegen der daraus folgenden zahlreichen Bewegungsorgane Tausendfüße (Myriopoda) genannt wird; die zweite den heteronomen Typus reiner darstellt, und nach den bekanntesten Mitgliedern den Namen Arachniden (Arachnidae) führt. Allein genauere Prüfungen der wesentlichsten Charaktere, deren Untersuchung jedoch unsern Zwecken zu fern liegt, dürften andere systematische Resultate ergeben. Wir begnügen uns hier mit der Thatsache, daß die Myriopoden zwei ganz verschiedene Familien enthalten, deren homonomer Typus eigentlich nur scheinbar ist, weil die fünf ersten Körperringe (der Thorax) in der That ganz anders gebaut sind, als die folgenden (der Hinterleib). Von jenen fünf Ringen bleiben indeß nur drei sichtbar, die anderen tragen accessorische Mundtheile und treten an den Kopf. Bei den Scolopendren (Chilopoda) nimmt auch das Fußpaar des ersten bleibenden Ringes die Form accessorischer Mundtheile an, und jeder Hinterleibsring trägt nur einen Gangfuß an jeder Seite; bei den Julinen (Chilognatha) behalten alle drei bleibenden Brustkastenringe wirkliche Gangfüße, und die Ringe des Hinterleibes tragen je zwei Fußpaare. Von den ächten Arachniden aufwärts hat der Hinterleib keine Bewegungsorgane mehr, wohl aber, wenn gleich nicht immer, noch deutliche Gliederung; sie fehlt sowohl den wahren Spinnen (Araneina), deren Hinterleib vollständig vom Brustkasten gesondert und am Ende mit dem merkwürdigen, nur ihnen eigenthümlichen Spinnapparat versehen ist, als auch bei den Milben (Acarina), wo er mit dem Brustkasten innig zusammenhängt. Ein gegliederter Hinterleib kommt den Phalangien und Scorpionen zu. Jene unterscheiden sich von diesen durch einen sechsgliederigen Hinterleib und den Mangel scheerenförmiger Taster an den accessorischen Mundtheilen; die Scorpione haben einen zwölfgliederigen Hinterleib nebst scheeren- oder zangenförmigen Tastern. Der

3) Die Pycnogoniden und Tardigraden (Arctiscon, Macrobiotes, Emydium), welche des Numerus wegen hierher gehören, scheinen keine besonderen Athmungsorgane zu besitzen; einigen milbenartigen Formen fehlen sie vielleicht ebenfalls. Jene Familien bilden deshalb, und aus anderen Gründen, einen Uebergang von den Crustaceen zu den Arachniden.

Brustkasten aller ächten Arachniden ist übrigens zugleich Kopf, also Cephalothorax, welchem Fühler ganz fehlen, während ihm (2 bis 14) einfache Augen zukommen, die auch den Myriopoden eigen sind, doch in größerer Anzahl (von 8 bis 40). Letztere charakterisirt nicht minder der Besitz eines Fühlerpaares. Von den 5 Paar Bewegungsorganen des Cephalothorax der Arachniden ist nur das erste Paar zu accessorischen Mundtheilen geworden, mithin bleiben vier Gangfußpaare übrig. Auch hierin liegt ein wesentlicher Unterschied zwischen ihnen und den Myriopoden.

Die Arachniden sind übrigens, mit Ausnahme einiger Spinnen und Milben, ächte Landbewohner, die sich in der Regel auf dem Boden unter Steinen und Geröll versteckt halten, ihrer Beute mehr bei Nacht, als bei Tage nachgehend. Die Julinen und einige parasitische Pflanzenmilben scheinen von vegetabilischen Stoffen zu leben, alle anderen von Thieren. Eine große Anzahl Milben leben als strenge Parasiten, die ihr Wohnthier nie verlassen, auf anderen Geschöpfen; manche von ihnen, wie die Krätzmilben (Sarcoptes), erregen dann eigenthümliche Ausschläge und Jucken. Die übrigen Arachniden ernähren sich vom Raube anderer Insekten und bedienen sich eines giftigen Speichels, um ihren Fang sofort zu tödten. Der Scorpion hat dagegen einen eigenen Giftapparat am Ende des Hinterleibes, den er als heftig wirkende Vertheidigungswaffe benutzt. Große Individuen werden dadurch selbst Menschen gefährlich; aber auch der Tarantelbiß (Lycosa) erregt heftige Wirkungen. Eigentlich sind alle wahren Spinnen giftig, die meisten jedoch nicht groß genug, um durch ihre Bisse Menschen empfindlich zu verwunden.

Die letzte Klasse der Gliederthiere, die achte des Thierreiches, führt noch jetzt den Namen Insekten (Insecta), unter dem Linné alle Gliederthiere mit gegliederten Bewegungsorganen zusammengefaßt hatte. In ihrem richtigen Umfange genommen, haben sämmtliche Mitglieder dieser Gruppe einen frei beweglichen Kopf mit zwei Fühlern, gewöhnlich zwei zusammengesetzten Augen, einem Paar Kiefer und zweien Paaren accessorischer Mundtheile, die man hier Unterkiefer und Unterlippe genannt hat, weil die eigentlichen Kiefer Oberkiefer heißen. Es bleiben also für den Thorax nur noch drei besondere Ringe mit eben so vielen Fußpaaren übrig. Allein als Luftgliederthiere genügt ihnen der einfache Gangfuß nicht, sie bedürfen auch des Flügels, und erfreuen sich in der Regel seines Besitzes. Alsdann treten die Flugorgane unter der Form häutiger Ausbreitungen, die von hornigen verzweigten Adern ausgespannt werden, an dem oberen Seitenrande der beiden hinteren Brustkastenringe hervor, und erreichen bald gleiche, bald ungleiche Größen, ja zuletzt selbst verschiedene Consistenz, indem die vorderen zu hornigen Schildern (Flügeldecken) sich umbilden. Häufig fehlen sie auch völlig, allein nicht einer ganzen eigenthümlich organisirten Hauptgruppe, sondern immer nur einzelnen Familien, Gattungen oder Geschlechtern, besonders Weibchen, in

welchen Fällen äußere Umstände, in der Regel die parasitische Lebensweise, ihre Entwickelung hemmten. Die Einwirkung des Parasitismus auf das Thier und die durch ihn verminderte Beweglichkeit zeigt sich bei den Insekten sehr schlagend, ja allein die beiden bekanntesten Parasiten des Menschen, die Laus und der Floh, reichen hin, sie zu erklären. Denn die Laus, ein beständiger Parasit, der auf seinem Wohnthiere geboren ist, und sein ganzes Leben hindurch auf ihm verweilt, ist langsam in allen Bewegungen und kriecht selbst unbeholfen, da sie eigentlich nur zum Klettern am Haar und zwischen Haaren bestimmt ist; der Floh dagegen, in fauliger thierischer Flüssigkeit bis zu seiner späteren Geschlechtsreife aufgewachsen, und erst dann den Parasitismus ergreifend, ist behende und geschickt, allen Nachstellungen seiner Wirthe zu entwischen, wie oft sie ihm auch aufpassen. Auf gleiche Weise erscheinen temporäre Parasiten überall beweglicher, und manche, gleich den Lausfliegen (Hippoboscae), noch geflügelt, während die perpetuirlichen Schmarotzer nie Flügel haben, da sie von ihnen nur einen nachtheiligen Gebrauch machen könnten. — Wenn nun auch der Flügel ein wichtiges, das Wesen des Insektes zum Theil andeutendes Organ ist, so hat doch nicht von ihm, sondern von einem anderen Moment, das erste Differenzirungsprincip abgeleitet werden sollen. Bei den Insekten spielt nämlich die Metamorphose, der alle unterworfen sind, eine sehr wichtige Rolle, und erscheint zwar immer als fortschreitende, aber dennoch unter zwei sehr verschiedenen Formen. Die erste Form, welche man eine unvollkommene Metamorphose genannt hat, würde ich lieber die homonome nennen, da die gebornen Jungen den Aeltern in Allem gleichen, aber stets kleiner sind und nie Flügel haben; bei der zweiten Form hat das geborne Junge das Ansehen eines Wurmes, heißt dann Made, Larve, Raupe oder Engerling, je nachdem es keinen Kopf und keine Füße, oder zahlreiche oder bloß sechs Füße besitzt. Vermittelst eines Zustandes der Lethargie, während welches alle willkürlichen thierischen Funktionen ruhen, geht das Geschöpf in die spätere Form seines reifen Lebensalters über. In jenem lethargischen Zeitraume heißt das Insekt Puppe, und diese Art der Verwandlung die vollkommene oder heteronome Metamorphose. Die Insekten mit solcher Verwandlung durchlaufen während ihres Lebens gleichsam alle Stufen der Gliederthiere, erscheinen in der Jugend als homonome Formen, stellen im Puppenalter die Durchgangsperiode der Crustaceen dar und erreichen erst im reifen Lebensalter die typische Höhe der wahren Insekten. Daher sind sie entschieden vollkommnere Darstellungen des Insektentypus, als die Gruppen mit unvollkommner Metamorphose; schon deshalb, weil überall in der Natur die erstiegene Entwickelungsstufe um so höher ist, je zahlreicher die Entwickelungsphasen waren, durch welche das Individuum hindurchging. Uebrigens ist die Grenze zwischen beiden Metamorphosen keineswegs scharf gezogen, sie gehen, wie alle Bildungsdifferenzen, allmälig in einander über, und lassen sich nur mit einer gewissen Rücksicht als systematische

Momente benutzen. Wird nämlich das geborne Junge seinen Aeltern mehr und mehr unähnlich, ohne dabei einen entschiedenen homonomen Charakter anzunehmen, — was besonders leicht geschieht, wenn es im Wasser lebt, während die Aeltern Land- und Luftthiere sind, — so ist schon eine Mittelform da, und verbindet sich mit einem solchen Stadium noch eine lethargische Puppe, so hat die Metamorphose alle äußeren Zeichen einer vollkommenen, ohne wirklich eine solche zu sein, weil nämlich die durchgreifende Differenz zwischen dem jungen und reifen Lebensalter, welche von dem dort homonomen, hier heteronomen Typus abhängig ist, nicht vollständig sich eingestellt hatte. Wir schreiben daher nur solchen Insekten wirklich eine vollkommene Verwandlung zu, welche Unterschiede der zuletzt angedeuteten Art in ihren verschiedenen Lebensaltern besitzen. Am ausgebildeten Insekt ist freilich die Art der Metamorphose nicht mit Sicherheit zu erkennen, höchstens könnten netzförmige Flügeladern als Kriterien der unvollkommenen Metamorphose angesehen werden, da sie wenigstens bei Insekten mit vollkommener Metamorphose sich nicht finden.

Man theilt die Klasse der Insekten am natürlichsten in sechs Ordnungen, von denen die beiden ersten unvollkommene Metamorphose besitzen, die vier anderen eine vollkommene. Ihre Unterschiede lassen sich folgendermaßen angeben:

1. Rhynchoten oder Hemipteren sind die Insekten mit unvollkommener Metamorphose, deren Kiefer und accessorische Mundtheile einen Schnabel bilden, der aus 4 Borsten und einer gegliederten Scheide besteht. Jene 4 Borsten sind Ober- und Unterkiefer, die Scheide ist die Unterlippe. Dahin gehören die Blut saugenden Thierläuse, die Blattläuse und die Cicaden oder Zirpen, deren Vorderfüße bloß häutig bleiben, dann die Wasserwanzen und Landwanzen, deren vordere Flügel zur Hälfte hornig werden. Die parasitische Bettwanze ist zwar flügellos, als temporärer Parasit, aber dennoch sehr beweglich.

2. Synistaten oder Neuropteren heißen die Insekten mit unvollkommener Metamorphose, deren Mundtheile nicht in einen Schnabel verändert sind, sondern frei bleiben, gewöhnlich zum Beißen und Kauen dienend. Auch hier nehmen Läuse, welche aber Federn und Haare fressen (Mallophaga), also kein Blut saugen, die unvollkommenste Stufe ein. Die meisten leben auf Vögeln. Dann folgen, nach mehreren Zwischengliedern, die durch ihr kräftiges Gebiß und ihre breiteren, der Länge nach fächerartig gefalteten Hinterflügel ausgezeichneten Orthopteren. Kakerlaken (Blatta), Heuschrecken (Acridium, Locusta) und Feldgryllen (Gryllodea) sind ihre bekanntesten Mitglieder. Durch die Ohrwürmer (Forficulae) und Termiten gelangen wir zu den Haften (Ephemerae) und Wasserjungfern (Libellulae), deren gleich große netzförmige Flügel

den Gruppencharakter des Flugorganes am schönsten zeigen und in Verbindung mit kräftig beißenden Mundtheilen sie charakterisiren. Auch der ähnlich gestaltete Ameisenlöwe (Myrmecoleon), welcher im Larvenzustande trichterförmige Gruben im Sande gräbt, um die hineinfallenden Insekten zu fangen, gehört hieher. —

3. Die Antliaten oder Dipteren (Zweiflügler) haben zuerst allgemein vollkommene Verwandlung, einen oft fleischigen, mit Borsten, statt der Kiefer, versehenen Rüssel und bloß Flügel am mittleren Brustringe, während statt der hinteren kleine gestielte Knöpfchen auftreten. Mücken (Culex) und Schnaken (Tipula) eröffnen die Reihe, durch vielgliedrige Fühler ausgezeichnet. Alle anderen Dipteren haben nur drei Hauptfühlerglieder, und unter diesen ist der Floh (Pulex) das unvollkommenste parasitische Glied. Die Lausfliegen (Hippoboscae) stehen ihm zunächst, dann folgen Bremsen (Oestrus), Stechfliegen (Stomoxys), Stubenfliegen (Musca), Fleischfliegen (Sarcophaga) und zuletzt, nach zahlreichen, mannigfach gestalteten Verbindungsgliedern, die Blut saugenden Bremen (Tabanus).

4. Als vierte Ordnung betrachte ich die Piezaten oder Hymenopteren (auch Immen genannt). Sie haben vollkommene Verwandlung, bleibende Oberkiefer, aber saugende Mundtheile, deren Hauptorgan die von den Unterkiefern eingehüllte Zunge, der mittlere Lappen der Unterlippe ist, und vier häutige Flügel, von welchen die hinteren noch sehr klein sind. Hierher gehören Ameisen (Formicae), Bienen (Apina) und Wespen (Vespina), Familien, die sich durch ihre gesellige Lebensweise auszeichnen, und mittelst der Vorräthe, welche sie sammeln, dem Menschen theilweis so nützlich werden. Ein nur Hymenopteren zuertheilter, im Hinterleibe gewöhnlich verborgener Stachel, dessen Stich giftige, in die Wunde geträufelte Sekrete höchst schmerzhaft machen, vertheidigt die allein arbeitenden, stets thätigen Weibchen gegen Nachstellungen vielfacher Feinde. Andere benutzen diesen Stachel, um mittelst desselben ihre Eier den Raupen und Maden in den Leib zu legen, und dadurch ihrer jungen schmarotzenden Brut ein Wohnthier zu verschaffen. Als Raupentödter (Sphex) und Schlupfwespen (Ichneumon) spielen diese Thiere durch Vertilgung Pflanzen fressender Insekten aller Art eine wichtige Rolle im Haushalt der Natur. Selbst ihren nahen Verwandten, den schädlichen Blattwespen (Tenthredo) stellen sie auf solche Weise nach. Die Larven haben gleich den Raupen ein eigenes, aber minder vollkommenes Spinnorgan.

5. Am Allgemeinsten bekannt und beliebt ist die fünfte Ordnung der Insekten, Schmetterlinge, systematisch Glossata oder Lepidoptera genannt. Häufig behaarte, buntfarbige, mit einem Spinnorgan an der Unterlippe versehene Raupen, vier große von schuppenförmigen Haaren prachtvoll bekleidete Flügel, verkümmerte Oberkiefer, ein aus den Unter-

kiefern gebildeter Rollrüssel liefern, neben vollkommener Verwandlung, die Hauptcharaktere dieser durch viele schädliche Mitglieder dem Menschen eben so lästigen, wie durch ihre Farbenpracht für ihn erfreulichen Gruppe. Motten (Tineae), Blattwickler (Tortrices), Spanner (Geometrae), Eulen (Noctuae) und Spinner (Bombyces) sind die verschiedenen Repräsentanten der Nachtschmetterlinge; denen die gewöhnlich nicht viel spinnenden Abend- (Sphinges) und Tagfalter (Papiliones) als höchste Formen sich anreihen. Der berühmte Seidenwurm ist die Raupe eines Spinners, welcher auf Maulbeeren lebt, und ursprünglich in China einheimisch war.

6. Zuletzt folgen dann die Käfer (Eleutherata s. Coleoptera), durch freie beißende Mundtheile, einen frei beweglichen ersten Brustkastenring (Prothorax), verhornte Vorderflügel und größere Hinterflügel, die nur wenigen fehlen, vor den anderen drei Gruppen mit vollkommener Verwandlung sich auszeichnend. Ihre Larven haben kein Spinnorgan, sind meist nackt, leben gewöhnlich versteckt, und werden zum Theil sehr schädlich, wenn sie sich stark vermehren, und nun die Wurzeln, Stämme, Blätter und Früchte der Gewächse verwüsten. Doch giebt es auch ein sehr nützliches Geschöpf in dieser Gruppe, die spanische Fliege (Lytta vesicatoria), deren blasenziehende Eigenschaft ihre medicinische Anwendung veranlaßte. Im Ganzen aber übt die große, wohl ein Drittel aller anderen Insekten in sich fassende Gruppe keine so augenfälligen verheerenden Eingriffe in den Gang der Natur aus, wie dies von einzelnen Mitgliedern anderer Ordnungen, z. B. den Heuschrecken, Mücken, Ameisen, Blattwespen und vielen Schmetterlingen, bekannt ist. Nur die Borkenkäfer (Bostrychi) und Maikäfer (Melolonthae) werden mitunter sehr schädlich. —

22.

Fortsetzung. — Rückgratthiere.

Die letzte Hauptabtheilung der Thiere, zu deren Betrachtung wir uns nunmehr wenden, hat ihren Namen von demjenigen Organ erhalten, welches den wesentlichen Charakter der Gruppe, die innere Gliederung, am entschiedensten ausdrückt; doch pflegt man sie auch Knochenthiere (Osteozoa) oder Wirbelthiere (Vertebrata) zu nennen, und dadurch die allgemeine oder besondere Form ihres inneren Gerüstes näher anzugeben. Die Anwesenheit eines solchen inneren gegliederten Skelets, an welches die übrigen Organe angeheftet, oder in dessen Höhlen sie versteckt sind, um-

faßt den typischen Charakter der Gruppe und seine Schilderung muß daher allen anderen Betrachtungen vorangehen. —

Die Grundlage des Skelets in seinem fertigen Zustande bilden cylindrische, vorzugsweise aus phosphorsaurer Kalkerde bestehende Körper, denen ein weiches, elastisches, aus Zellen entstandenes thierisches Gewebe, die Knorpelsubstanz, zur Basis dient. In die Masse desselben, wie es scheint in die Höhlen der Zellen, setzt sich die Kalkerde zuerst ab, und durchdringt von da aus nach und nach mehr oder weniger das ganze Knorpelgewebe. Solche verkalkte Körper sind die Knochen. Sie behalten an ihren Enden in der Regel einen freien Knorpelüberzug und stoßen mittelst desselben an einander, entweder innig dadurch verbunden (Verknorpelung), oder bloß neben einander liegend, und durch andere thierische Gewebe im Umfange des Knorpels an einander geheftet (Gelenkung). Nur an wenigen Stellen (dem Schädel) greifen die Knochen selbst mit zackigen Rändern in einander, und bewirken eine sehr innige Verbindung (Naht) ohne Beweglichkeit, die bei jenen früheren Verbindungsarten theilweis oder vollständig sich erhält. Der Verein dieser sämmtlichen Knochen zu einem Ganzen ist das Skelet; seine Anlage folgt natürlich bestimmten Gesetzen und ergiebt ein Grundschema, das bei allen Rückgratthieren wiederkehrt und durch die Modifikationen, welche sein Typus erlaubt, die verschiedenen Klassen der Rückgratthiere möglich macht. Ehe wir diese kennen lernen, muß uns das Grundschema bekannt sein; es hat folgende Anlage.

Zahlreiche kurzcylindrische Knochen verbinden sich durch Verknorpelung zu einer wagrecht gestellten Säule von unbestimmter Länge; diese Säule, welche man füglich mit künstlichen, aus abwechselnden Sandsteinstücken und Mörtelschichten aufgeführten Säulen vergleichen kann, heißt Wirbelsäule, und jedes einzelne Knochenstück Wirbel. Die Wirbel sind aber keine ursprünglich einfachen Knochen, sondern sie entstehen, allgemein genommen, wohl immer aus vier Stücken[1]), welche man Wirbelelemente genannt hat. Es geht nämlich der ganzen Wirbelsäule gleichsam als ihr Wegweiser ein cylindrisches Knorpelfädchen, die Rückensaite (Chorda dorsalis), vorher, und darauf setzen sich von links und rechts, oben wie unten, paarige Knorpelstücke ab, welche später verknöchern, und nach innen gegen die Rückenseite vordringend sie selbst in abwechselnde Knochen- und Knorpelstücke zerschneiden. Während dies geschieht, erheben sich von den Elementen aus Knochenfortsätze, 2 nach oben und 2 nach den Seiten; die oberen wachsen gegen einander und bilden, indem sie zusammenstoßen,

---

1) Die Grundbestandtheile eines Wirbels, wenigstens seine verschiedenen Ossifikationspunkte, sind nicht bei allen Wirbelthierklassen in gleicher Zahl vorhanden. Sieht man aber von den untergeordneten Differenzen und örtlichen Modifikationen des Typus ab, so möchte die Annahme von vier Wirbelelementen die richtigste bleiben.

den Wirbelbogen, auf dessen Mitte sich der Dornfortsatz stachelförmig erhebt, die unteren stehen seitwärts ab, und heißen Querfortsätze. Bei Säugethieren und Vögeln gehen beide Fortsätze bloß von den oberen Elementen aus, und dasselbe ist der Fall bei den beschuppten Amphibien; bei den Fischen und nackten Amphibien sitzen die unteren oder Querfortsätze auch an den unteren Elementen. Verwachsen nun die Elemente innig an ihren Berührungsflächen, was bei fortschreitendem Alter des Individuums der Fall zu sein pflegt, so scheint der ursprünglich aus vier Stücken bestehende Knochen ein ungetheiltes Ganze zu sein, das den Namen Wirbel (Vertebra) erhalten hat. Die Modifikationen, welche die Wirbel an verschiedenen Stellen der Wirbelsäule erleiden, bedingen die typische Form der Rückgratthiere einestheils, wie anderntheils die Differenzen, denen wir in den verschiedenen Klassen begegnen. Allgemein gilt dabei Folgendes.

Neben den vier vordersten, schon in der Anlage sehr veränderten Wirbeln bilden sich gleichzeitig mit ihrer Verknöcherung eigenthümliche Belegknochen, welche die knorpelige Grundlage des Kopfes, das Primordialcranium, überdecken und z. Th. an die aus der Verknöcherung desselben entstandenen, gesonderten Schädelwirbelbeine sich anpassen. Dadurch entsteht eine geräumige Höhle, welche zur Aufnahme des Centralnervenorganes dient, und Gehirn- oder Schädelhöhle genannt wird. So weit sie reicht, sind sowohl die Belegknochen unter sich, als auch die dazu gehörigen Wirbel, innig durch Nähte verbunden. Diesen Abschnitt des Skelets nennt man Schädel (Cranium). — In der darauf folgenden größeren oder größten Menge von Wirbeln senken sich die unteren Elemente besonders in die Tiefe der Rückenseite hinab, während die oberen von ihr aufsteigend sich zu Bogen an einander schließen; wodurch erstere den letzteren an Masse überlegen werden und die Hauptstütze des Wirbels ausmachen. Man nennt diesen Theil den Wirbelkörper. Unter den Körpern der Wirbel soll nun eine Höhle zur Aufnahme der Vegetationsorgane gebildet werden, und dies kann dem Typus gemäß nur durch Knochen geschehen. Daher legen sich zugleich an die Querfortsätze und an die Wirbelkörper andere dünne halbkreisförmig gebogene Knochen an, welche mit ihnen durch Gelenkung in Verbindung stehen, und sich nach unten mit ihren freien Enden gegen einander krümmen. Diese Knochen heißen Rippen (Costae); sie sind Eigenheiten desjenigen Körperabschnittes, den man Rumpf nennt, umschreiben an ihm die Rumpfhöhle, und reichen typisch so weit, wie diese Höhle und mit ihr der ganze Rumpf sich erstreckt. Am unteren Ende bleiben sie zwar häufig frei, namentlich immer bei den Fischen, aber bei den übrigen Rückgratthieren nur an der hinteren Hälfte des Rumpfes; an der vorderen Hälfte stoßen sie an eine Reihe kleinerer Wirbelkörper, welche die secundäre, untere oder Brustwirbelsäule heißt, wie jene obere die primäre oder Rückenwirbelsäule. Die unteren Wirbel

haben in der Regel nur ein oder zwei Elemente, und verwachsen zu einem einzigen Knochen, dem Brustbein (Sternum). Hinter dem Rumpfe bleibt endlich eine Reihe von Wirbeln übrig, deren Fortsätze sich entweder gar nicht schließen, oder oben und unten gleichmäßig nach demselben Schema sich verbinden. Dieser Abschnitt der Wirbelsäule ist der Schwanz (Cauda); er enthält zwar auch einen Rücken- und Bauchkanal, aber nie eine geräumige Höhle zur Aufnahme von Ernährungs- und Fortpflanzungsorganen, deren Anwesenheit in einer Höhle unter der Wirbelsäule sie als Rumpfhöhle auch dann noch verräth, wenn keine Rippen mehr an ihren Wirbeln haften. Mit dieser Entwickelung ist indessen nur der Stamm des Körpers der Rückgratthiere dargestellt, es fehlen noch die Träger der Bewegungs- und Sinneswerkzeuge, welche den Rückgratthieren, als den höchsten Entwickelungen der Thierheit, am wenigsten mangeln können. Sie unterzubringen, benutzt die Natur zwei schon vorhandene Abschnitte des Körpers, den Schädel und den Rumpf; jener erhält die Sinnesorgane mit dem Munde, und wird erst dadurch wahrer Kopf, dieser die Bewegungswerkzeuge. Durch die gleichzeitige Anwesenheit von Sinnesorganen und Kauwerkzeugen am Kopfe der Rückgratthiere ist die Bildung dieses Körpertheiles so verwickelt, und die Erkenntniß seines Grundschemas, als modificirter Wirbelreihe, so lange verzögert worden. Auch hier blieb es nicht der sorgfältigen Beobachtung, welche mehr im Auffinden von Unterschieden, als im Reduciren scheinbarer Differenzen ihren Gegenstand sucht, sondern dem sicheren Blick genialer Naturen vorbehalten, den Satz: der Schädel ist eine Wirbelsäule, zuerst auszusprechen. Oken war der glückliche Meister, der das Wort sprach, und damit der vergleichenden Zoologie ihre Fesseln löste; während Goethe, tiefsinnig und wahr die Natur wie den Menschen betrachtend, denselben Gedanken schon länger in sich herumgetragen hatte, aber ihn öffentlich auszusprechen keine Veranlassung finden konnte oder wollte [2]). Oken ging auch sogleich in die Nachweisung seiner Idee mit

2) Die Ansicht, daß der Schädel aus Wirbeln bestehe, wird von der gegenwärtigen empirischen Schule vielfach wieder in Zweifel gezogen, oder geradezu, namentlich seitdem die Unterschiede der Belegknochen und der aus dem Primordialcranium durch Verknöcherung hervorgegangenen Ur-Schädelknochen festgestellt worden sind, als unrichtig betrachtet. Ich glaube, daß es bei der Beurtheilung der Wirbeltheorie darauf ankommt, wie nahe, oder wie fern man den Vergleichungspunkt stellt. Daß die Schädelwirbel keine Rückenwirbel sind, ist richtig und damit eingeräumt, daß eine Congruenz zwischen beiden nicht stattfinden könne. Wer eine solche für ursprünglich homologe Gebilde fodert, kann die Wirbeltheorie des Schädels mit Recht bestreiten. Wer aber in den Rumpfwirbeln und den Schädelwirbeln nur die verschiedenen Modificationen eines, allen Wirbeln gemeinsamen, aber eben nirgends rein und unmodificirt erscheinenden Grundtypus nachweisen will, wird in den Bildungselementen beider Knochen, wie ich glaube, hinreichende Belege für seine Ansicht auffinden können. Für homologe und nicht für identische Gebilde sind sie überhaupt nur erklärt worden.

gewohnter Umsicht ein, und verfolgte viele Einzelnheiten derselben ebenso glücklich wie ersprießlich für die Wissenschaft. Und wenn sich auch die Solidität der Empirie, mißmüthig, daß ihr trotz aller sorgfältigen Bestrebungen gewaltsam von Anderen die Florkappe von den Augen gerissen wurde, und sie nun doch sehen mußte, was sie eigentlich nicht sehen wollte, anfangs hartnäckig gegen die neue Lehre sträubte, ja die ganze „Beinphilosophie" an den Pranger zu stellen suchte; sie hat dennoch mit der Zeit ihr Scherflein drin gefunden und Denen Gerechtigkeit widerfahren lassen müssen, die auf den Dank aller folgenden, wissenschaftlich strebenden Geschlechter die entschiedensten Ansprüche haben. Aber auch heute soll er ihnen nicht mehr entzogen werden! [3]) —

Zur Einordnung der Sinneswerkzeuge in die Schädelkapsel bedient sich die Natur eigenthümlich gestalteter Knochen, welche zwischen die Schädelwirbel an geeigneten Stellen hineingeschoben werden. Daß man diese Knochen anfangs für Theile der Schädelwirbel selbst hielt, hat die richtige Einsicht in das Schema des knöchernen Kopfes lange verzögert; Schläfenbeine, Thränenbeine und Nasenmuscheln sind solche zwischengeschobene Knochen für die Sinnesorgane. Aber mit ihnen ist noch kein Platz für die Kiefer, die Stützen und Träger der Kau- oder Beißwerkzeuge, gewonnen; auch sie müssen dem Schädel noch angepaßt werden, um sein Gebäude zu vollenden. Das geschieht mittelst rippenförmiger Knochen, welche sich an die mittleren Schädelwirbel anheften, allein bald, wie es das Bedürfniß einer kräftigen Wirkung fordert, inniger mit ihnen und den benachbarten Knochen sich verbinden. Alsdann haftet der vordere oder Oberkiefer am ersten und zweiten Schädelwirbel, zugleich durch den Jochbogen mit dem Ohrknochen oder Schläfenbein sich verbindend, der hintere oder Unterkiefer stößt an eben diesen Knochen, und stützt sich vermittelst desselben auf die hintersten Schädelwirbel. Beide Kiefer bewegen sich senkrecht gegen einander, nicht wagerecht, wie bei den Gliederthieren, und haben einen hornigen Ueberzug zum Kauen oder Abschneiden, der bald durch Aufnahme von Kalkerde in knochenartige Gebilde oder Zähne übergeht. Der Verein dieser den Schädelwirbeln angehefteten Knochen bildet das Gesicht. In seiner Formirung hat die Natur eine große Mannigfaltigkeit an den Tag gelegt, und in den Größenbeziehungen desselben zum Schädel den geistigen Gehalt der Geschöpfe angedeutet. Der Mensch, allen Thieren in dieser Beziehung vorgezogen, hat relativ das kleinste Gesicht und den größten Schädel.

An den Bewegungsorganen oder Extremitäten verfolgt die Entwickelung der thierischen Organisation, was zunächst ihre Zahl betrifft, denselben

3) Mit unparteiischer Würdigung hat kürzlich R. Owen, leicht der bedeutendste von allen jetzt lebenden vergleichenden Anatomen, die Wirbeltheorie beleuchtet. Vergl. Froriep's Neue Notizen ꝛc. III. Reihe. 2. Bd. S. 148.

Weg weiter, welchen sie schon bei den Gliederthieren betrat, indem sie den höheren Entwickelungsformen zwar immer weniger, aber dafür im Einzelnen desto vollkommnere Organe beilegte. Die Zahl sechs, die kleinste, welche bei Gliederthieren sich findet, wird bei den Rückgratthieren noch um ein Paar verringert, zugleich aber bei den Fischen, wo die Größe der Bewegungsorgane unzureichend ist, ein accessorischer Apparat in den unpaaren Flossen dargestellt. Indem sich nun die vier Bewegungsorgane der Rückgratthiere paarig an das vordere und hintere Ende des Rumpfes vertheilen, suchen sie, als Träger und Stützen des ganzen Körpers, zunächst eine solide Basis zu gestalten, von welcher ausgehend sie sicher ihre Verrichtungen vollführen können. Dadurch entsteht ein eigenthümlicher Knochenring, welcher an die obere und untere Wirbelsäule sich anheftet, mithin in zwei Hälften, eine linke und eine rechte, zerfallen muß. Jede Hälfte ist wieder in eine obere und eine untere getheilt, die beide da, wo sie an einander stoßen, eine geräumige Gelenkung bilden. So besteht denn jeder Ring aus vier Vierteln oder Quadranten. Allein hiermit ist sein allgemeiner Typus noch nicht erschöpft, er bekommt einen neuen typischen Charakter in der Verdoppelung aller unteren Quadranten. Offenbar rührt diese Vermehrung von einer allgemeinen Ursache, und wahrscheinlich von dem Umstande her, daß die Gliedmaßen ihrer ganzen Anlage nach hinter einander liegende Knochenreihen sind, deren Menge sich in jeder folgenden Reihe um ein oder noch mehr neben einander liegende Glieder zu vermehren pflegt. Da nun die Gürtel oder Träger der Gliedmaßen sicher zu ihnen und nicht zum Rumpfe gehören, so folgen auch sie dem allgemeinen Gesetze aller Gliedmaßenbestandtheile. — Suchen wir jetzt das Schema in der Wirklichkeit auf, so finden wir den vorderen Ring als Schultergürtel, den hinteren als Beckengürtel oder Becken dargestellt. Am Schultergürtel heißen die oberen Quadranten Schulterblätter, die unteren vorderen Gabelbeine, die unteren hinteren Schlüsselbeine; am Becken werden die oberen Quadranten Darmbeine genannt, die unteren vorderen Schambeine, die unteren hinteren Sitzbeine. Weil in der Beckengegend die secundäre Wirbelsäule fehlt, so stoßen die unteren Quadranten unmittelbar an einander, was indeß eine Folge jenes Mangels und der größeren Solidität der hintern Bewegungsorgane zu sein pflegt. Die Bewegungsorgane selbst gehen immer mit einem einfachen Knochen von dem Punkte aus, wo die oberen und unteren Quadranten sich treffen, und bilden an dieser Stelle mit ihnen ein Gelenk; ihr einfacher Knochen heißt an der vordern Extremität Oberarm, an der hinteren Oberschenkel. Darauf folgen zwei Knochen, wie es die zunehmende Menge und das Bestreben aller Gliedmaßen, sich in die Fläche auszubreiten (was eben jene Zunahme veranlaßt), mit sich bringt; die vorderen heißen Speiche und Elle, die hinteren Schienbein und Waden- oder Pfeifenbein. Von jetzt an wird die Zahl der neben einander liegenden Knochen

unregelmäßiger, doch giebt es noch viele Fälle, namentlich an der hinteren Extremität des Menschen, wo in der dritten Reihe drei, in der vierten vier und in der fünften fünf Knochen neben einander liegen. Nur bei den Fischen wird diese Menge überschritten, bei allen übrigen Rückgratthieren nie; auch bleiben von jetzt an die folgenden Reihen größtentheils unverbunden und treten als deutlich getrennte, für sich bewegliche Zehen oder Finger auf, deren Gliederzahl nie ganz gleich ist. Gewöhnlich haben die äußeren Zehen weniger Glieder als die mittleren, und die innerste (der Daumen) zeigt dann von allen die kleinste Anzahl. — Als wichtiger typischer Charakter ist schließlich von den Gliedmaßen der Rückgratthiere das antithetische Verhältniß ihrer einzelnen Abschnitte zu erwähnen. In der Regel bildet ihr freier, den in der Fläche des Rumpfes liegenden Gürtel nach außen überschreitender Theil drei Hauptabschnitte, die als Oberglied, Mittelglied und Unterglied unterschieden werden. Jenes steigt während der Bewegung, oder selbst in der Ruhe, aufwärts, das Mittelglied immer abwärts und das Unterglied steht mehr oder weniger wagrecht; aber was am Schultergürtel nach hinten geneigt ist, neigt sich am Beckengürtel nach vorn, und umgekehrt, wenn jener nach vorn geht, läuft dieser nach hinten. Eben so verhalten sich die einzelnen Abschnitte der freien Extremitäten bis zum dritten und letzten wagrechten Haupttheil, welchen man je nach seiner Form Tatze, Pfote, Fuß oder Hand nennt. Dieser letzte Abschnitt hat an allen Gliedmaßen dieselbe Richtung von hinten nach vorn, wenn sie zum Gehen dienen und nur zum Abstoßen vom Boden bestimmt sind. Ist das nicht der Fall, so folgen auch die Unterglieder dem allgemeinen Gesetze des antithetischen Verhaltens ihrer Abschnitte, wie es jeder Beobachter beim Vogel leicht und deutlich wahrnehmen kann. — Eine solche Entgegensetzung der ganzen Gliedmaßen und ihrer einzelnen Abschnitte fehlt den meisten Gliederthieren, hier folgen alle derselben absteigenden Richtung, bis bei den Insekten eine ähnliche Antithese dreier Hauptabschnitte an jeder einzelnen Gliedmaße und eine Andeutung der antithetischen Neigungen der ganzen Gliedmaßen unter sich, durch die abweichende Richtung des ersten Paares nach vorn und des dritten nach hinten, augenscheinlich wie bei den Rückgratthieren sich gestaltet. —

Die an das Skelet angehefteten weichen Theile richten sich nach dem Schema desselben, so weit es möglich ist; vor allen das System der Nerven, von dem wie überall, so auch hier, die concrete Form des Typus am reinsten dargestellt wird. Die Centralorgane desselben, Gehirn und Rückenmark, liegen in den Höhlen über den Wirbelkörpern, jenes also im Schädel, dieses im Rückenkanal; beide senden durch Lücken zwischen den Elementen unmittelbar neben den Wirbelkörpern ihre Nerven hervor. Das Rückenmark, die einfachere Form, bleibt auch dem Grundschema getreuer, wenn es von seinen beiden Flächen je zwei Nerven aussendet, die sich im Rumpfe und den Extremitäten verbreiten. Der vordere geht zu den Mus-

keln, erregt sie zur Thätigkeit, heißt **motorischer** Nerv und wirkt vom Centrum zur Peripherie (**centrifugal**); der hintere umfaßt mit einer Anschwellung am Grunde den vorderen, begiebt sich mehr zur Haut, macht Empfindungen und heißt deshalb **sensibler** Nerv; seine Wirkung geht von der Peripherie zum Centrum (**centripetal**). Das Gehirn sendet nicht bloß Nerven mit ähnlicher Differenz aus, die sich jedoch in ihrem Verlaufe mannigfach verbinden, sondern auch die Nerven zu den Sinnesorganen, die centripetal wirken, aber bloß für die eigenthümlichen Eindrücke des Lichtes, Schalles, der riechenden und schmeckbaren Stoffe empfindlich sind. Endlich giebt es noch ein besonderes System von Nerven, welches für die Vegetationsorgane bestimmt ist, und aus eigenthümlichen, feineren Nervenfasern, deren Funktionen zugleich sensible und motorische sind, zu bestehen scheint; man nennt es das **ganglöse System**, weil seine Nerven sich vielfach netzartig unter Knoten oder **Ganglien** verbinden. Seinen Ursprung nimmt es theils aus dem Gehirn, theils aus dem Rückenmark.

Unter den Vegetationsorganen ist besonders der Ernährungsapparat sehr zusammengesetzt und entwickelt. Vor allen tritt hier das Athmungsorgan durch seine allgemeine Duplicität als den Typus der Gruppe bestimmend auf, denn eigentlich haben sämmtliche Rückgratthiere **Kiemen** und **Lungen** zugleich. Jene befinden sich äußerlich am Anfange des Rumpfes, dem Halse, und werden in der Regel von über sie herabhängenden Hautfalten bedeckt; diese bilden zellige Säcke im vorderen Raum der Rumpfhöhle und stehen durch einen Kanal, die **Luftröhre**, mit dem Munde in Verbindung. Auch die Kiemen haben Spalten zwischen sich, die in die Mundhöhle oder in den Schlund führen. Die Athmung wird daher bei allen Rückgratthieren durch eine schluckende Bewegung zu Stande gebracht, indem die Thiere bald Luft, bald Wasser einnehmen. Die Luft gelangt in die Lunge und kehrt daraus durch eine Compression der Rumpfhöhle zurück; das Wasser dringt durch die Kiemenspalten hervor und fließt an den Kiemen vorbei nach außen ab. Allgemein athmen durch Kiemen nur die **Fische** und einige **Amphibien**, ihre Lunge (Schwimmblase) bleibt unvollkommen und fehlt häufig ganz; die übrigen Rückgratthiere haben Kiemen nur in der ersten Jugend als Embryonen und athmen später immer durch Lungen. Mit dieser Differenz harmonirt nun der Kreislauf des stets rothen Blutes. So lange die Kiemen in Funktion sind, ist der Kreislauf **einfach**, d. h. die zweite, durch das Respirationsorgan führende Bahn fehlt; das Blut geht dann aus dem Herzen, welches nur eine Kammer besitzt, in die Kiemen, von diesen in alle Theile des Körpers, und kehrt zum Herzen mit den neu vom Darmkanal bereiteten Quantitäten zurück. Sobald aber die Lungen als Respirationsorgan anfangen zu wirken, tritt noch ein zweiter **Kreislauf** (der **kleine**) hinzu, indem das Blut aus dem Herzen in die Lunge, aus ihr zurück zum Herzen und dann erst in alle Theile des

Körpers geführt wird. In diesem Falle hat das Herz zwei Kammern; eine rechte, die das Blut in die Lunge treibt, und eine linke, die es in alle Theile des Körpers stoßweise überführt. — Der Darmkanal zeichnet sich eines Theils durch seine Länge, anderen Theils durch seine großen accessorischen Organe aus. Speicheldrüsen, Leber, Pancreas und Darmdrüsen unterstützen ihn in seinen Verrichtungen; seine Länge bringt es dagegen mit sich, daß er nicht mehr geradlinig den Rumpf durchläuft, sondern in vielfachen Windungen die Höhle desselben erfüllt. Zur Unterstützung der Lungen, als blutreinigender, den Stoffwechsel einleitender Factoren, sind immer noch zwei Organe, die Milz und die Nieren, vorhanden; den Antheil der Milz an diesem Geschäft kennt man nicht näher; die Nieren scheiden das durch den Körper geführte Wasser, welches die Nährstoffe auflöste, oder schon aufgelöst enthielt, nebst dem durch den Stoffwechsel erzeugten, stickstoffreichen Harnstoff als Harn wieder aus dem Blute ab.

Von den Modificationen, welche dies Grundschema der Rückgratthiere erlaubt, gehen die Klassenunterschiede aus; das Bedingende für solche Modificationen ist jedoch auch hier das Medium, dem die jedesmalige Modificationsstufe angepaßt werden soll. Wir treffen daher auf Wasserrückgratthiere, Luftrückgratthiere, Landrückgratthiere und eine Durchgangsgruppe, deren Name ihren Charakter schon ausspricht; sie heißen Amphibien, jene früheren Gruppen kennt Jedermann als Fische, Vögel und Säugethiere.

Untersuchen wir zunächst die Beziehungen der typischen Modificationen zu den vier Klassen, so findet sich, daß die Grenze des Hauptgegensatzes mitten in die Amphibien hinein fällt, und dadurch diese Gruppe so recht augenfällig als Durchgangsgruppe sich beurkundet. Der Mangel eines abwärts gebogenen Antlitzes, welcher durch die horizontal bleibende Stellung der Schädelbasis bedingt ist; die concaven Flächen der Wirbelkörper und die daraus folgende größere Masse von Knorpelsubstanz zwischen ihnen; die unvollkommene Knochenbildung überhaupt; die mangelhaft gestaltete Nase, das Bleiben der Kiemen als lebenslänglicher oder zeitweiliger Respirationsorgane nach der Geburt und die davon abhängige einfache Herzkammer sind Momente, welche die erste Stufe der niederen Rückgratthiere bezeichnen. Sie umfaßt alle Fische und die nackten Amphibien. Dagegen werden durch die Einbiegung des Antlitzes, die gekrümmte Schädelbasis, die vollkommnere Nase, die größere Beweglichkeit des Kopfes, die gradflächigen Wirbelkörper, eine etwas abweichende Anlage der ganzen Wirbel und namentlich ihrer oberen Elemente, endlich durch alleinige Lungenrespiration sofort nach der Geburt und den damit harmonischen doppelten Kreislauf nebst zwiefacher Herzkammer alle beschuppten Amphibien, die Vögel und Säugethiere als höhere Rückgratthiere angezeigt. Daher hält es schwer, den Fischtypus streng festzustellen; so leicht es auch jedem Nichtkenner erscheinen mag, einen Frosch von einem Fisch zu

unterscheiden. Im Ganzen bieten auch hier die Bewegungsorgane gute äußere Merkmale dar, denn alle Fische haben Flossen, d. h. Hautlappen mit unbestimmten Knochenstrahlen, die entweder in gar keine, oder unendlich viele Glieder getheilt sind, und immer an unvollständigen Gürteln haften; während die Amphibien mit wahren Füßen versehen sind, deren Zehen nie über fünf hinausreichen, auch nicht mehr aus unendlichen Gliedern bestehen. Dazu kommen bei allen Fischen, selbst solchen, die keine paarigen, den Extremitäten analogen Flossen haben, unpaarige Flossen auf der Mittellinie des Rückens- und Schwanzes bis zum After, welche bei Amphibien zwar auch sich finden, aber nicht weiter als am Schwanze hinaufreichen und dann nicht mehr von besonderen Knochen unterstützt werden, während solche Stützen in den unpaaren Flossen der Fische gewöhnlich auftreten. Freilich giebt es auch nackte Amphibien und beschuppte ohne alle paarigen Gliedmaßen, allein diesen fehlen auch immer jene unpaaren flossenartigen Ausbreitungen, welche den Fischen ohne paarige Flossen oder wahre Extremitäten nicht leicht abgehen. Endlich ist noch die Lage der Harn- und Geschlechtsöffnung als gesonderte oder einfache Mündung hinter dem After ein gutes äußeres Merkmal der Fische, insofern bei den Amphibien der After stets hinter den andern Oeffnungen liegt und alle drei in eine Höhle (Kloake) sich senken, welche mittelst einer einzigen Mündung nach außen führt. Darin stimmen die Amphibien ganz mit den Vögeln überein. Trotz dem stehen sich Säugethiere und Vögel im Ganzen näher durch die Wärme ihres Blutes und ihres ganzen Körpers; womit harmonirt die größere Intensität der Respiration, welche bei den Amphibien, selbst bei den beschuppten, mittelst einer, wenn auch nur unvollkommen durchbohrten Scheidewand zwischen den Herzkammern verhindert wird. Hierin schließen sich die Amphibien wieder mehr an die Fische, als an die Vögel und Säugethiere, obwohl sie, dem Skelet nach, mehr zu diesen, als zu jenen gehören. Auf der andern Seite ist das Eierlegen der Vögel dem Eierlegen der beschuppten Amphibien so analog, daß sich in der That von diesem Gesichtspunkte eine größere Verwandtschaft zwischen beiden Klassen, als zwischen den Vögeln und lebendige Junge gebärenden Säugethieren herausstellt. Hier würde bloß der Bebrütungsakt, welcher von der gesteigerten Temperatur des Vogelkörpers gefordert wird, nach neuen Beobachtungen indeß auch für die Entwickelung einiger Amphibien, z. B. der Riesenschlangen (Python bivittatus), Bedürfniß ist, einen Unterschied hervorrufen, den die von ihren Aeltern gefütterten Vögel noch greller machen, insofern dadurch das Säugen der Säugethiere nicht ohne alle Analogie bei den Vögeln ist. — Betrachtungen dieser Art, welche sich mit Leichtigkeit noch weiter ausdehnen ließen, zeigen übrigens den innigen Zusammenhang der Rückgratthiere zur Genüge, sie bestätigen und erklären die früheren allgemeinen Angaben vom Uebergreifen der verschiedenen bestimmenden Kriterien der Gruppen, und verrathen eine auffallende Harmonie zwischen dem

Entwickelungsschema der Gliederthiere und Rückgratthiere, insofern auch bei jenen der Hauptgegensatz, von dem constanten Numerus der Brustkastenringe hergenommen, unmittelbar in die Crustaceen hineinfiel, und dadurch die eine Hälfte derselben mehr den Arachnoden und Insekten, die andere mehr den Würmern anschloß. In den Arachnoden, welche als Landgliederthiere den Säugethieren zu parallelisiren sind, wiederholen sich homonome Formen als Wurmgestalten gerade so, wie sich die Walfische als Fischformen unter den Säugethieren einstellen, und die auffallende Differenz in der Metamorphose bei den ächten Insekten läßt sich ohne Schwierigkeit auf die verschiedene Entwickelung der Vögel, welche sich in den Nestflüchtern und Nesthockern darstellt, zurückführen. Denn so wie hier eine scharfe Grenze zwischen diesen beiden Erziehungsarten der Jungen fehlt, so fehlt sie auch zwischen der unvollkommenen und vollkommenen Metamorphose. Und doch muß man jenes wie dieses Verhältniß als systematisches Moment benutzen. Es ist unmöglich, alle diese interessanten Beziehungen hier weiter zu verfolgen, ich werde dies an einem andern Orte besser versuchen können, wo es meine Aufgabe mir gestatten wird, mehr als jetzt in die Tiefen der Wissenschaft einzugehen. Mag also diese Andeutung genügen, meinen Lesern einen kleinen Vorgeschmack von den Untersuchungen zu geben, womit eine combinirende Darstellung des wissenschaftlichen Inhaltes der Zoologie, eine rationelle Auffassung dieser Wissenschaft, sich zu beschäftigen hat. Wir wenden uns zu einer kurzen Betrachtung des Inhaltes jeder einzelnen Klasse der Rückgratthiere.

Die Fische (Pisces) zeigen als wichtigste Differenz ihres Baues einen auffallenden Unterschied in der Härte ihres Skelets, das nicht immer zu wirklicher Knochensubstanz sich gestaltet, sondern in vielen Fällen eine völlige oder theilweise knorpelige Beschaffenheit beibehält. Darnach unterscheidet man Knochenfische (Osteacanthi) und Knorpelfische (Chondracanthi). Allein auch hierin giebt es noch manche Mittelstufen, welche eine scharfe Grenze, die zwischen den reinsten Darstellungen der Differenzen obzuwalten scheint, bei der systematischen Eintheilung unmöglich machen. So bleiben z. B. am Schädel der Knochenfische die Nähte zwischen den einzelnen Kopfknochen immer sichtbar, fehlen aber den Knorpelfischen, weil es bei ihnen gar keine isolirten Belegknochen giebt, sondern die ganze ursprünglich knorpelige Schädelkapsel homogen verknöchert ist. Treten nun Fische auf, welche zwar ein knochenhartes Skelet, aber keine isolirten Schädelknochen besitzen, wie ein solcher Fall bei den Pectognathen vorkommt, so verbinden sie Charaktere beider Hauptgegensätze in sich und erschweren dadurch die scharfe Trennung. Indeß scheinen sie nicht bloß darin, sondern auch in anderen Punkten, mehr zu den Knorpelfischen als zu den Knochenfischen hinzuneigen, indem auch ihre Rippen, die den Knorpelfischen immer fehlen, sehr klein und unvollkommen sind, oder ganz ausbleiben. Selbst gewisse andere Fische, wie z. B. der Hecht, welcher entschieden den Knochenfischen

angehört, haben mehrere knorpelige Schädelknochen, und verbinden dadurch die Charaktere beider Gruppen. Weniger über ihn, als über die erwähnten Pectognathen, bestehen unter den Naturforschern Meinungsverschiedenheiten, ob sie zu den Knochenfischen oder Knorpelfischen gehören; weil indeß das gesammte Aeußere ihres Baues mehr mit dem der Knochenfische als mit dem der Knorpelfische harmonirt, so möchte es gerathener sein, sie zu den Knochenfischen zu stellen. Aber auch abgesehen davon, ist die Gruppe der Osteacanthen bei weitem die zahlreichere und bedarf ganz besonders einer ferneren Eintheilung, welche bei ihrer großen allgemeinen Uebereinstimmung höchst schwierig ist. Cuvier wählte als Theilungsprincip den Bau der Flossenstrahlen, ob sie aus einfachen Stacheln bestehen (Stachelflosser, Acanthopterygii) oder aus gegliederten, zerschlissenen Strahlen (Weichflosser, Malacopterygii); allein diese Wahl gewährt sicher keine natürlichen Anhaltepunkte, wie die nähere Untersuchung bald lehrt. Finden sich doch in der Regel beide Flossenstrahlen an demselben Fische. Linné benutzte, wie es scheint mit besserem Erfolg, die Stellung der Brust- und Bauchflossen, welche die Repräsentanten der wahren Gliedmaßen sind, und gewiß durch ihre Lage Einfluß auf den Bau des Thieres ausüben werden. Man trifft sie bei der normalsten Entwickelung des Fischtypus am vorderen oder hinteren Ende der Rumpfhöhle, und nennt jene deshalb Brustflossen, diese Bauchflossen. Fische, bei denen sie diese Stelle wirklich einnehmen, nannte Linné Bauchflosser (Abdominales). Rücken dagegen die Bauchflossen nach vorn, bis sie unter die Brustflossen kommen, so entstehen die Brustflosser (Thoracici); rücken sie noch mehr vorwärts an die Kehle, so erhält man die Kehlflosser (Jugulares); fehlen sie, die Kahlbäucher (Apodes). Als eine fünfte Gruppe ließen sich dann die Formen ohne alle paarigen Flossen ansehen. Allein auch diese Eintheilung hat in der Natur keine sichere Stütze, weil es in einer und derselben Familie mehrere Stellungsverhältnisse, namentlich die drei ersten, z. B. bei den Barschen, giebt; woraus folgt, daß sich Hauptgruppen darnach nicht bestimmen lassen. Man suchte deshalb nach anderen Eintheilungsmomenten, und Agassiz fiel zuletzt auf die Schuppen, mit denen die Oberfläche der Fische, einzelne Ausnahmen, wie z. B. bei den Welsen, abgerechnet, bedeckt zu sein pflegt. Die Schuppen sind Knochen, welche in Taschen der Oberhaut stecken und dadurch festgehalten werden, jedoch häufig mit ihren scharfen Spitzen und Rändern die Haut der Tasche durchschneiden, und dann nackt hervorragen. Nach der Form dieser Schuppen und ihren Beziehungen zur Haut setzt der genannte, um die Kenntniß fossiler Fische zumal höchst verdiente Naturforscher folgende vier Gruppen fest: 1. Placoides, die Hautknochen bilden ungleiche unzusammenhängende Haufen verschieden gestalteter Körper, die mehr oder weniger stachelartig sich zu erheben pflegen und oft von sehr geringer Größe sind. 2. Ganoides, die Schuppen sind regelmäßige viereckige Platten,

welche aus abwechselnden Horn= und Knochenlagen bestehen und einen emailartigen Ueberzug haben; sie sind hart wie die Zähne, denen sie auch im Bau gleichen. 3. Ctenoides, die gleichförmigen Schuppen bestehen aus übereinander liegenden Knochenplatten, deren hinterer freier Rand kammartig gekerbt ist; die neu entstehenden unteren Platten ragen über die früheren mit ihren Rändern hervor. 4. Cycloides, Schuppen von dem Bau der vorigen ohne gekerbten Rand, mit verschiedenen Skulpturen auf der Oberfläche. — Bei dieser Eintheilung wird natürlich die Skeletbildung nicht berücksichtigt, und Knorpelfische erscheinen neben Knochenfischen, wie es ihre Schuppenbildung fordert. Der Umstand zeugt gegen die Anwendbarkeit der Schuppen als obersten Eintheilungsgrundes einer naturgemäßen Anordnung, und erlaubt es nicht, sie anders als bei der Bildung untergeordneter Abtheilungen in Anwendung zu bringen. Ein Fundamentalcharakter zur Scheidung der Fischfamilien blieb also noch zu suchen, scheint aber jetzt durch Müller im Bau des Arterienstiels am Herzen ermittelt zu sein. Aus der fleischigen Herzkammer aller Fische entspringt nach vorn eine Arterie, welche das Blut in die Kiemen führt, und an ihrem Anfange unmittelbar vor der Herzkammer mehr oder weniger erweitert ist. Wegen des allermeist zwiebelförmigen Ansehens der Erweiterung hat man sie Aortenzwiebel (bulbus Aortae) genannt. Alle ächten Knochenfische haben einen solchen zwiebelförmigen Aortenstiel, dessen dicke Wand aus elastischen Fasern besteht, und dessen innere Höhle durch zwei große Klappen vom Raum der Herzkammer gesondert wird. Die ächten Knorpelfische besitzen dagegen einen länglich kegelförmigen Arterienstiel mit muskulösen Fasern in seiner Wandung und mehreren Klappenreihen auf der Innenseite neben einander. Durch eine solche wichtige Differenz wird offenbar der Unterschied, den die Verknöcherung des Skeletes schon andeutet, vermehrt, die Trennung der Knorpel= und Knochenfische also nur gesteigert. Allein es wird auch andererseits ihre scharfe Absonderung durch eine Gruppe von Fischen vermittelt, welche den Arterienstiel der Knorpelfische mit dem harten Skelet der Knochenfische in sich verbindet. Eben diese Fische sind die einzigen noch lebenden Ganoiden mit rhombischen, emaillirten Schuppen, und sie wären also die spärlichen Repräsentanten eines in früherer Zeit vorzüglich zahlreichen mittleren Fischtypus, mit welchem gewisse lebende Knorpelfische, die Störe, schon wegen des freien Kiemendeckels am allermeisten verwandt zu sein scheinen. Folgen wir nun dem angedeuteten Fundamentalcharakter im Bau des Arterienstieles, so erhalten wir nach ihm zwei Hauptfischgruppen, von denen jede wieder in zwei größere Abtheilungen zerfällt. Die Fische mit zwiebelförmigem Arterienstiel und zwei Klappen umfassen nämlich nicht bloß die ächten Knochenfische, sondern auch einige Fische mit ganz knorpeligem Skelet, deren Mundöffnung rundlich geformt ist, als Saugscheibe dient und keine wahren Kiefer enthält. Alle diese Fische haben keinen Kiemendeckel, sechs Paar Kiemen statt der bei

allen anderen Fischen üblichen vier Paar, keine paarigen Flossen, keine Schuppen oder überhaupt Bedeckungen, und keine besonders verdickte elastische Wandung im Arterienstiel. Sie bilden nach allen diesen Charakteren die unvollkommenste Abtheilung der Fische, und schließen sich in mancher Hinsicht an den einfachsten der Fische, den ganz herzlosen Amphioxus lanceolatus (oder Branchiostoma lumbricum), mit welchem man die Reihe der Fische und der Rückgratthiere überhaupt beginnen muß. Wegen ihrer runden Mundöffnung hat man sie Cyclostomen genannt. Daran reihen sich, ihrer Herzbildung zu Folge, die ächten Knochenfische (Teleostei) mit elastischem Arterienstiel, zwei Klappen an seiner Mündung, querer, von wahren Kieferknochen unterstützter Mundöffnung, freiem Kiemendeckel, vier Paar freien Kiemen, einer unpaarigen, gewöhnlich vorhandenen Schwimmblase und gleichmäßigen Schuppen, die entweder den Ctenoiden- oder den Cykloiden-Charakter besitzen, sehr selten aber (bei den Welsen) ganz fehlen. Zu den Kammschuppern, die größtentheils Stachelflosser sind, gehören die Barsche (Percoides), Klippfische (Squamipennes), Sciänen, Sparoiden, Trigloiden und Schollen (Pleuronectoides); in den Kreisschuppern reihen sich die Aale (Muraenoides), Gründlinge (Gobioides), Lippfische (Labroides), Thunfische (Scomberoides), Dorsche (Gadoides), Häringe (Clupeacei), Lachse (Salmonei), Hechte (Esocei) und Karpfen (Cyprinei) an einander, zu denen sich auch am besten noch die unbekleideten oder von großen Knochenschildern bedeckten Welse (Silurini) gesellen. Ferner stehen den genannten, reiner typischen Familien die Pectognathi und Lophobranchiati. Erstere, schon früher als eigenthümlicher organisirte Fische erwähnt, haben zwar die Herz- und Knochenbildung der Teleostier, aber weder deren Schuppenkleid, noch deren weite Kiemenöffnung, auch nie Bauchflossen, keine Rippen, ungetrennte Kopfknochen nebst verwachsenen Zwischen- und Hauptkieferknochen, stellen also in vieler Beziehung eine mehr abweichende Untergruppe dar. Schon ihre Körperform ist ganz eigenthümlich, theils vierkantig-kofferförmig (bei Ostracion), theils blasigbauchig (bei Diodon), mitunter (bei Orthragoriscus) sogar schwanzlos. In mancher Beziehung läßt sich dasselbe von den allermeist langgestreckten Lophobranchiern, deren Kiemenzacken abgestutzten Troddeln gleichen, behaupten; auch ihnen fehlt ein Schuppenkleid, aber dünne kantige Schilder vertreten seine Stelle; ein schnabelförmiger verlängerter Kopf erhöht ihre Eigenheiten. — Mit ihnen, gleichviel, ob wir sie zu oberst, oder wie ich lieber möchte, zu unterst stellen, endet der besprochene Herzbau und die erste Hauptgruppe der Fische. Die zweite Hauptabtheilung, an dem früher besprochenen muskulösen Arterienstiel und den mehrfachen Klappenreihen kenntlich, zerfällt in die Ganoiden und Elasmobranchier. Der einzige ausschließliche Charakter, welcher neben dem Arterienstiel die Ganoiden bezeichnet, liegt in den freien, gewöhnlich von einem knöchernen Kiemendeckel geschützten Kiemen; im Uebrigen zeigen sie theils ein knochen-

hartes Skelet und rhombische emaillirte Schuppen, wie Polypterus und Lepidosteus; theils knorpeliges Skelet und gar keine Schuppen, sondern unvollkommen an einander gefügte Schilder, wie der Stör (Acipenser), oder gar keine Bedeckungen bei gleicher Skeletbildung, wie Spatularia. In dieser Gattung ist der Haifischtypus vorgebildet. — Die Elasmobranchier sind wahre Knorpelfische mit querer Mundöffnung, deren Kieferknochen emaillirte, bewegliche, rautenförmige oder dreieckige Zähne tragen und deren Kiemen mit ihren äußeren Rändern an die Haut angewachsen, aber nicht mittelst eines Kiemendeckels geschützt sind. Durch fünf Kiemenspalten, welche zwischen und neben den vier Kiemen jeder Seite die Haut durchbohren, fließt bei ihnen der respiratorische Wasserstrom ab. Sie haben nie eine Schwimmblase, die selbst noch den Ganoiden zukommt, und legen große, viereckige, lederschaalige Eier, welche vor dem Legen befruchtet und öfters selbst im Mutterleibe ausgebrütet werden. Alle anderen Fische, auch die Ganoiden, laichen, d. h. sie legen zahlreiche, kleinere, kugelrunde, schaalenlose Eier, welche in der Regel erst nach dem Ablegen von dem Männchen aufgesucht und an besondern Brutstellen befruchtet werden. Dennoch giebt es auch unter diesen Fischen lebendige Junge gebärende, wie z. B. die sogenannte Aalmutter (Blennius viviparus). Die Elasmobranchier sind nie von Schuppen, wohl aber mit Schildern, Stacheln oder Kalkpunkten in der Haut bedeckt, haben immer vier paarige Flossen in abdominaler Stellung und zerfallen in Haifische (Squalini) und Rochen (Rajacei), die sich am leichtesten durch die dort freien, hier angewachsenen Brustflossen unterscheiden lassen.

Die Klasse der Amphibien oder Lurche (Amphibia) hat kaum eine andere typische Uebereinstimmung als die schon erwähnte höhere Entwickelung der Gliedmaßen, welche immer von wahren geschlossenen Gürteln ausgehen, und die früher angedeuteten Unterschiede von Oberglied, Mittelglied und Endglied besitzen, falls sie überhaupt soweit vorhanden sind, um als Gliedmaßen benutzt zu werden. Dazu gesellen sich das kalte Blut, die unvollständig geschiedenen Herzkammern, eine ächte Lunge, die Gelenkung am Hinterhaupte und die Kloakenbildung; Momente, die vereint weder bei Fischen noch bei Vögeln angetroffen werden. In sich aber stellen die Amphibien zwei große Gegensätze dar, welche wir schon früher als nackte und bedeckte Amphibien kennen gelernt haben. — Die nackten folgen in der Anlage des Skelets mehr den Fischen, haben jedoch einen doppelten Gelenkkopf am Hinterhaupt, keinen knöchernen Kiemendeckel, selbst wenn sie beständig durch Kiemen athmen, die allen in der ersten Zeit nach der Geburt zukommen. In eben diesem Stadium zeigen sich keine Extremitäten, erst nach der Zeit beginnen sie sich zu bilden. So lange leben alle diese Amphibien im Wasser, und besitzen eine glatte schleimige Oberhaut ohne Schuppen und Hautknochen anderer Art: sie behalten dieselbe auch nachdem sie das Wasser verlassen haben, und befeuchten sie mit dem Sekret zahl-

reicher Hautdrüsen. Alle laichen, nach Art der Knochenfische, legen also viele schaalenlose Eier, die einige im Bauche ausbrüten, andere dem feuchten Element zur Entwickelung sofort übergeben. Eine fußlose, schlangenförmige Gattung (Caecilia) mit vergänglichen Kiemen und concaven Berührungsflächen der Wirbelkörper beginnt die Reihe. Dann folgen die Gattungen mit bleibenden Kiemen oder Kiemenspalten (Ichthyodea), die theils bloß vorn (Siren), gewöhnlich auch hinten Gliedmaßen besitzen, und mit eben solchen concaven Wirbelkörpern versehen sind. In beiden Beziehungen schließen sie sich an die Knochenfische an. Bei Amphiuma und Menopoma sind die Kiemen versteckt; bei Hypochthon, Menobranchus und Stegoporus äußerlich sichtbar. Die meisten dieser Thiere bewohnen die Seen Nordamerikas und Merikos, der Olm (Hypochthon anguineus) die Adelsberger Grotte am Wege von Laibach nach Triest. Große Menopomen entdeckte man in Japan. Mit ihnen war der vermeintliche Mensch Scheuchzer's aus dem Oeninger Stinkkalk (S. 243) am verwandtesten. Die nackten Amphibien mit vergänglichen Kiemen neben allmälig sich bildenden Gliedmaßen (Batrachia) haben theils einen Schwanz und vorn convere, hinten concave Wirbelkörper (Salamandrina), theils Wirbelkörper mit umgekehrter Form ihrer Endflächen, also vorn concave, hinten convere, und keinen Schwanz (Ecaudata); jene bekommen die Vorderfüße zuerst, diese die hinteren, und ihre Jungen heißen dann Kaulquappen. Frösche und Kröten gehören als allgemein bekannte Formen hierher. — Die bedeckten Amphibien sind schon mehrmals nach ihren wesentlichen Eigenschaften bezeichnet worden: Wirbelkörper mit ebenen oder vorn concaven, hinten converen Berührungsflächen, die theilweis oder sämmtlich (bei den Schlangen) durch Gelenkung an einander hängen, eine mehr gekrümmte Schädelbasis, ein einfacher Gelenkkopf unter dem Hinterhauptsloch, ein beweglicher Paukenknochen, feste Hornbedeckungen, die von Knochenplatten in der Haut selbst unterstützt werden, eine vollkommnere Scheidewand zwischen den Herzkammern, mangelnde Metamorphose nach der Geburt und hartschaalige Eier von relativ größerem Umfange aber geringerer Zahl gehören zu den wichtigsten Eigenthümlichkeiten dieser Gruppe. Sie zerfällt am augenfälligsten nach der Kloakenbildung in zwei Gruppen. Die Einen haben angewachsene Zähne, eine große quere Kloakenöffnung und darin zwei getrennte Oeffnungen der Genitalien (also auch zwei Ruthen), ein gleichmäßigeres Schuppenkleid mit kleineren Hautknochen, und eine schwankende Fußbildung. Hierher gehören die Schlangen (Ophidia) und Eidechsen (Sauria): erstere an den unverbundenen Unterkieferhälften, dem Mangel der Augenlider, des Brustbeins und aller äußeren Extremitäten kenntlich; letztere an den verwachsenen Unterkieferhälften, dem anwesenden Brustbein und der ziemlich allgemeinen Anwesenheit von Augenlidern und äußeren Extremitäten. Die Anderen besitzen eine runde Kloakenöffnung, eine einfache Ruthe, plattenförmige Hornschilder, große

erweiterte Hautknochen am Rumpfe, ein Brustbein, stets vollkommene Gliedmaßen mit vier bis fünf Zehen, und Augenlider. Bei den Crocodilen sind die Hautknochen des Rumpfes nicht verwachsen und die Kiefer mit eingekeilten Zähnen besetzt, bei den Schildkröten fehlen die Zähne, und die Hautknochen des Rumpfes verwachsen unter sich, wie mit dem Skelet, zu einem bloß vorn und hinten offenen Panzer. Unter ihnen trifft man auch einige ausschließliche Pflanzenfresser, alle anderen Amphibien leben nur von thierischer Nahrung. —

Die allgemeinen Eigenschaften der Vögel (Aves), mit denen wir das Reich der warmblütigen Rückgratthiere beginnen, sind zu augenfällig, als daß ich nöthig hätte, bei ihnen lange zu verweilen. Eine von ästigen Horngebilden oder Federn bekleidete Haut, Kiefer mit Hornüberzügen, wie bei den Schildkröten, zu Flügeln umgeformte vordere Extremitäten, bloß mit den Zehen auftretende hintere und die daraus hervorgehende geneigte Stellung der Wirbelsäule, gehören zu den wesentlichsten Eigenschaften der Vögel. Versteckter ist die Verbreitung häutiger Röhren in die Knochen, welche von der Nase und Lunge aus Luft in dieselben führen und dadurch den Vogelkörper so leicht machen. Durch diesen pneumatischen, mitunter bis in das Zellgewebe der Haut sich erstreckenden Apparat sind die Vögel überall, oder doch größtentheils, in ihrem Inneren mit Luft versehen. Sie haben ferner eine runde Kloakenöffnung, in der Regel bloß einen (den linken) Eierstock, keine Scheidewand zwischen Brust- und Bauchhöhle, keine Zähne, keine Ohrmuscheln, aber stets Augenlider, sogar ein drittes innerstes, die Nickhaut. Zu den wichtigsten Eigenheiten des Skelets gehören: der bewegliche Paukenknochen, welcher auch den Fischen und vielen Amphibien zukommt; der einfache Gelenkkopf am Hinterhaupt; das breite, in der Regel mit einem Kamm versehene Brustbein; das offene Becken: Verhältnisse, von denen nur der Strauß eine Ausnahme macht; die innig verwachsenen Rückenwirbel und die durch Gelenkung verbundenen concav-convexen Halswirbel. Die Vordergliedmaßen haben immer drei Zehen, die hinteren beim Strauß allein zwei, bei mehreren anderen Vögeln drei, gewöhnlich aber vier, von denen drei nach vorn und eine nach hinten, seltner zwei nach vorn und zwei nach hinten gewendet sind. Alle Vögel besitzen Nägel am Ende der Zehen. Wenige kalkschaalige Eier, welche bebrütet werden, zeichnen auch in dieser Organisationssphäre die Vögel aus. Nach der Art und Weise, wie sie das Ei verlassen und aufwachsen, theilt man sie wohl am besten ein. Die Nestflüchter haben ein haariges Nestkleid und gleich nach der Geburt offene Augen; sie können allein fressen, wenn auch nicht immer, wegen der hohen Lage, das Nest sofort verlassen. Schwimmvögel, Sumpfvögel, beide durch nackte Unterschenkel und die Eigenschaft, ihre Beine beim Fluge nach hinten zu strecken, ausgezeichnet, gehören hierher; dann die Strauße und Kasuare, denen die Schwungfedern im Flügel und damit das Flugvermögen mangelt, endlich die

Hühner, eine weit verbreitete, ökonomisch so wichtige Gruppe. Die Abtheilung der Nesthocker, deren Junge gar kein oder ein zarteres schwächeres Nestkleid mit auf die Welt bringen, zum Theil geschlossene Augen bei der Geburt haben, nie das Nest sofort verlassen und von ihren Aeltern wahrhaft gefüttert werden, umfaßt die Tauben, Klettervögel mit zwei Zehen nach vorn und zwei nach hinten, Singvögel oder Passerinen, welche die zahlreichsten aller Vögel sind und mindestens zwei Fünftel der ganzen Klasse enthalten, endlich die Raubvögel, zu denen zwar die kräftigsten und stärksten, aber weder die schönsten noch die größten Vögel der Erde gehören. Ihre Eigenthümlichkeit ist besonders in den starken hakigen Schnäbeln und den großen gebogenen spitzen Krallen ausgeprägt.

Die letzte zwölfte Klasse des Thierreiches bilden die Säugethiere (Mammalia), eine sehr mannigfach gestaltete und in sich, gleich den Amphibien, differente Gruppe, bei welcher der allgemein gültigen Eigenschaften nur wenige gefunden werden. Osteologisch ausgezeichnet sind sie durch den unbeweglichen Oberkiefer, das fest in den Schädel eingedrückte Paukenbein, den häufigen Mangel der unteren hinteren, oder beider unteren Quadranten des Schultergürtels, das schmale Brustbein, die doppelten Gelenkhöcker am Hinterhauptsloch, die stets (doch mit Ausschluß der beiden ersten) durch Verknorpelung an einander gehefteten Wirbelkörper mit ebenen Gelenkflächen, die constante Zahl von sieben Halswirbeln, und den kräftigen, unten in der Regel geschlossenen Beckengürtel, dessen fast vollständiger Mangel, zugleich mit der hintern Extremität, die Walfische charakterisirt. Zu den wichtigsten Eigenheiten der weichen Theile gehört die Anwesenheit einer muskulösen Scheidewand (des Zwerchfells) zwischen Brust- und Bauchhöhle; der Apparat zur Entwickelung der Eier (Gebärmutter), und das Auftreten Milch absondernder Organe, mit deren Produkt die gebornen Jungen von der Mutter gesäugt werden. Ihre Stellung an der Bauchseite des Rumpfes giebt wichtige Fingerzeige über die organische Dignität und ist systematisch von Belang. Die meisten Säugethiere haben eingekeilte Zähne von verschiedener Form und Bildung, frei bewegliche Augenlider, äußere Ohrmuscheln, ein allgemeines Haarkleid, hornige Ueberzüge an den Zehenspitzen (Nägel), und einen frei über das Ende der Rumpfhöhle hervorragenden Schwanz von beträchtlicher Länge. — Wiewohl die Säugethiere eigentlich die Landthiere unter den Rückgratthieren sind, so schließen sich doch mehrere sehr innig an das Wasser, und modificiren dadurch ihren Typus zu fischartigen Formen. Diese bilden die niedrigste Abtheilung der Klasse, welche man nach ihren Gliedmaßen Flossensäugethiere (Pinnata) genannt hat. Ihnen folgen die eigentlichen typischen Säugethiere in zwiefacher Darstellung als niedere und höhere Entwickelungen des Typus. Jene sind die Hufthiere (Ungulata), ausgezeichnet durch größere Dimensionen, ein einfaches Haarkleid, schuhförmige Nägel oder Hufe, mit denen sie fast allein den Boden berühren, und herbivore Nahrung; diese bezeichnet

man als Krallenthiere (Unguiculata) und erkennt sie an den durchgehends kleineren Dimensionen, dem doppelten aus Grannen und Wolle bestehenden Haarkleide, den seitlich comprimirten Krallen oder flachen Plattnägeln, dem Auftreten mit einer schwieligen Sohle, die theils unter den Zehen allein (Zehengänger, Digitigrada), theils unter dem ganzen Fuße (Sohlengänger, Plantigrada) liegt, und der bald gemischten omnivoren, bald streng carnivoren, bald herbivoren Nahrung. Die gebornen Jungen jener können laufen, haben offene Augen und ein Haarkleid; bei den Krallensäugethieren sind die Jungen gleich nach der Geburt unbeholfen und in der Regel blind und nackt. — Die Pinnaten, deren Junge dem Typus der Hufthiere folgen, zerfallen in Zweiflosser (Bipinnata), bei welchen die hintere Extremität mit dem Beckengürtel fehlt, und in die Vierflosser (Quadripinnata s. Pinnipedia), denen die hintere Extremität zukommt. Jene enthalten die ächten Walfische mit Barten statt der Zähne, und die Delphine nebst den Pottfischen, denen wirkliche Zähne zukommen; beide besitzen eine ausgeschnittene wagrechte Fischflosse am Ende des Schwanzes; ferner die Sirenen, mit Zähnen, einfacher oder mondförmiger Schwanzflosse und vorn an der Brust befindlichen Milchdrüsen. Jene fressen thierische Nahrung, diese pflanzliche. Die Vielflosser bestehen aus dem Walroß mit Stoßzähnen und stumpfen Backzähnen, und aus den Phoken oder Seehunden mit scharfen Eckzähnen und zackigen Backzähnen. Beide sind behaart, die Bipinnaten ganz oder größtentheils nackt. Die Hufthiere werden von den vielhufigen Dickhäutern, wohin Elephant, Nilpferd, Nashorn und Schwein gehören; den zweihufigen Wiederkäuern, als Rindern, Schafen, Antilopen, Hirschen und Kameelen, und dem einhufigen Pferd mit seinen sechs verschiedenen Arten in der jetzigen Schöpfung dargestellt. Mannigfaltiger ist die Reihe der Unguiculaten. Gruppen ohne alle Zähne, oder wenigstens ohne formelle Differenz des Zahnbaues (Edentata), machen den Anfang. Die sonderbaren Schnabelthiere (Ornithorrhynchus und Echidna), die Ameisenfresser (Myrmecophaga), Schuppenthiere (Manis), Gürtelthiere (Dasypus) und Faulthiere (Bradypus) gehören dahin. Ihnen folgen die mit scharfen meißelförmigen Schneidezähnen versehenen, aber der Eckzähne beraubten Nagethiere (Glires); die zahlreichste, überall verbreitete Gruppe, in welcher Hasen, Meerschweinchen, Stachelschweine, Biber, Ratten, Mäuse, Murmelthiere und Eichkätzchen die bekanntesten Formen sind. Eine höchst merkwürdige, durch regelmäßige Frühgeburten ausgezeichnete Gruppe, Beutelthiere (Marsupialia) genannt, schließt sich ihnen einerseits, wie andererseits der folgenden Gruppe an, und findet sich zur Zeit bloß in Neuholland, auf den benachbarten Inseln und in Amerika. Ihre nächsten Verwandten sind die Raubthiere (Ferae) mit scharfen hakigen Eckzähnen und spitzzackigen Backzähnen. Bären, Fischottern, Marder, Zibethkatzen, Hunde, Hyänen und ächte Katzen bilden den Inhalt der typischen,

durch sechs Schneidezähne in beiden Kiefern ausgezeichneten Gruppe, welcher sich als Uebergangsglied die Gruppe der Insektenfresser, mit schwankenden Schneidezähnen und Schlüsselbeinen, die allen ächten Raubthieren fehlen, anreiht. Maulwürfe, Spitzmäuse und Igel stellen sie dar. Dann kommen die Fledermäuse, eine zahlreiche, durch die zu Flugorganen umgebildeten vorderen Gliedmaßen ausgezeichnete Gruppe, deren Gebiß dem der Raubthiere sich nähert. Sie besitzen zuerst allgemein bloß zwei Milchdrüsen an der Brust und werfen ein Junges. Dadurch stehen sie den Affen und selbst dem Menschen näher. Affen haben vier handförmige Extremitäten mit frei beweglichen Daumen, wenigstens an den hinteren, und Schlüsselbeine; allein theils ein Gebiß nach Art der Insektenfresser, und heißen dann Makis (Lemures), theils ein omnivores Gebiß mit stumpfhöckerigen Backzähnen nach der Weise des Menschen; das sind die ächten Affen (Simiae *Linn.*). Von ihnen unterscheidet sich der Mensch seinem Körperbau nach durch die größere Entwickelung des Gehirns, den zum aufrechten Gang bestimmten Bau des Knochengerüstes, die stärkere Entwickelung des Beckens, und die auffallende typische Differenz in der Anlage beider Extremitäten. Denn bei letzteren ist die vordere allein wahre Hand, die hintere nie; während von den vier Händen des Affen gerade umgekehrt die hintern allein immer Hände sind, die vorderen mehr den Pfoten gleichen, ja öfters gar keine Daumen haben. Die intellektuelle Anlage und die Fähigkeit der Selbstbetrachtung, deren das Thier unfähig ist, erhebt ihn dann weit über alle anderen Geschöpfe und macht ihn eben so zum Herrn der organischen Natur, wie das sittliche Grundprinzip seines Handelns zum Ebenbilde Gottes. —

23.

Geographische Unterschiede der Organismen in der Gegenwart.

In den vorhergehenden Abschnitten haben wir die typischen Grundgedanken der Organisation überhaupt und die Entwickelungsrichtung kennen gelernt, welche sie seit Beginn der gegenwärtigen Periode genommen hat; unsere nächste Aufgabe mag es nun sein, die Unterschiede näher zu prüfen, welche mit der Verbreitung der Geschöpfe über die Oberfläche des Erdkörpers im innigen Zusammenhange stehen, und wohl nicht ohne Grund von den Differenzen der Zonen und Klimate unseres Planeten selbst hergeleitet werden. Denn daß jeder Organismus in seiner besondern Erscheinung von den Einwirkungen seiner Umgebung abhängig ist, haben wir bereits früher (S. 312 u. 340) ausgesprochen, wir haben uns dort über-

zeugt, daß ganze Klassenunterschiede auf Rechnung solcher Agenten sich schieben lassen, und werden diesen Einfluß der Außenwelt auf die organischen Geschöpfe um so weniger leugnen können, als wir noch jetzt an manchen Arten, welche in historischer Zeit durch den Verkehr der Nationen über die Erdoberfläche weit verbreitet worden sind, vom Einfluß der Zonen und Klimate bewirkte Modificationen wahrnehmen, denen wir ihren endemischen Ursprung selbst durch die Benennungen der neu entstandenen Rassen fortdauernd nachrühmen.

Eine solche Einwirkung ist aber ohne Zweifel um so eingreifender, je weniger ein organisches Wesen bereits seine besondere Eigenthümlichkeit besitzt; sie wird sich vielleicht, wenn wir uns einen gewissen Gattungsbegriff als allgemein existirend denken, gerade als das besondernde Moment desselben, als die Ursache, welche jenen allgemeinen Begriff in so vielen, theilweis abweichenden Repräsentanten oder Arten entstehen ließ, zu erkennen geben. Diese Ansicht schreibt also nicht bloß die Mannigfaltigkeit der Arten, in denen eine Gattung auf der Erdoberfläche gegenwärtig existirt, zum Theil auf Rechnung der äußeren Umgebungen, sondern sie sucht auch die Abweichungen der Arten eben dieser Gattung, deren Reste sich in den älteren Erdschichten erhalten haben, auf dieselben Ursachen zurückzuführen, und somit die veränderten Artcharaktere der auf einander folgenden Schöpfungsperioden aus den stets veränderten äußeren Einflüssen herzuleiten. Es ist daher nöthig, die Gesetze, unter denen die Geschöpfe gegenwärtig auf der Erdoberfläche existiren, zu entwickeln, wenn man die Differenz früherer Perioden gehörig würdigen will; und eben deshalb werden wir uns zunächst mit einer Erörterung der geographischen Verschiedenheiten des Thier- wie Pflanzenreiches beschäftigen.

Außer dem Menschen und seinem steten Begleiter, dem Hunde, giebt es in der Gegenwart kein Geschöpf, das gleichmäßig auf der ganzen belebten Oberfläche des Erdkörpers wohnte oder überhaupt wohnen könnte; alle andern haben engere Bezirke, und stets um so beschränktere Gebiete, je eigenthümlicher und abweichender ihr besonderer Organisationscharakter ist. Darum müssen wir, wenn wir von einem gewissen Punkte der Erdoberfläche ausgehen, bei unserer Wanderung über dieselbe stets auf andere Formen stoßen, und werden, wenn wir uns die Resultate der Beobachtungen zusammenstellen, bald finden, daß die daraus ableitbaren Gesetze ganz anders lauten, je nachdem wir von Norden und Süden gegen den Aequator hin, oder von Osten nach Westen zu die Erscheinungen verfolgen. —

Berücksichtigen wir zunächst die erstgenannte Richtung, so scheint sich in ihr überall auf der ganzen Erdoberfläche das Verbreitungsgesetz der Organismen in so fern gleich zu bleiben, als die Mannigfaltigkeit der Formen mit der Zahl der Arten gleichmäßig in derselben Richtung zunimmt, die wärmere und heiße Zone also stets formenreicher und belebter ist, als die unter gleichem Meridian gelegene kalte. Wo ewiger Schnee oder Eis den

Boden bedecken, hört alles organische Leben auf, oder erscheint nur temporär an den wenigen Stellen innerhalb dieser Zone, an denen die Eisdecke im Sommer auf Wochen schwindet, unter der Form kleiner unscheinbarer Pflänzchen, die den Gruppen der Flechten und Moose (S. 315) angehören und des Mangels buntfarbiger Blüthen wegen einen sehr einförmigen, wenn auch nicht gleichmäßig grünen Rasenteppich gestalten. Thiere fehlen an solchen Stellen gemeiniglich ganz, wenigstens Landbewohner; nur das Meer nahe gelegner Küsten pflegt Organismen zwischen seinen Eisschollen zu beherbergen und ihnen im Kampfe mit einander, wie mit der kalten Natur, ein mühsam gefristetes Dasein zu gewähren. Aber mit jedem Grade, den wir uns vom Pol entfernen, nimmt das organische Leben zu, sei es an Zahl der Formen, sei es an Kraft und Ueppigkeit der einzelnen Gestalten. Dies letztere gilt namentlich für das Pflanzenreich, nicht aber in demselben Maße für die Thiere. Denn an jene unvollkommenen Formen der Flechten und Moose reihen sich bald baumartige Gestalten, zuerst zapfentragende Nadelhölzer (S. 318), denen später die kätzchenblüthigen Laubhölzer (Amentaceae, ebenda) folgen; und zu einer massenhafteren Ausbildung des Pflanzenindividuums, als sie in den hieher gehörigen Eichen, Buchen, Erlen, Birken, Pappeln und Weiden uns begegnet, kommt es in der gemäßigten Zone überhaupt nicht. Erst im Bereich der Wendekreise, oder nahe an deren Grenzen, treten die Riesen des Pflanzenreichs, die schlanken Palmen (S. 316) oder die baumartigen Urticeen (S. 318), Viticeen und Malvaceen (S. 320) auf, mit denen die durch gleich vollkommen entwickelte Blumen oder Früchte ausgezeichneten Myrtaceen, Aurantiaceen und Magnoliaceen (S. 320, 321) sich zu verbinden pflegen. Auch die fast alle Grade der Vollkommenheit in sich vereinigende Musa (S. 317) fehlt dann nicht mehr in der durch Palmen, Brodfruchtbäume und Orangen belebten tropischen Landschaft. — Anders verhält sich in dieser Hinsicht das Thierreich. Zwar nimmt auch in ihm die Zahl und Mannigfaltigkeit der Arten zu, je mehr wir vom Pol aus dem Aequator uns nähern, aber die Größe der Individuen hält damit nicht überall gleichen Schritt. Gerade die größten Kolosse der Thierwelt, die Walfische, leben in den eisigen, kalten Zonen; und unter den Landbewohnern übertrifft der Eisbär alle anderen Raubthiere der Erde absolut an Größe, das Rennthier alle anderen Hirscharten wenigstens in der relativen Ausdehnung seines Geweihes. Indessen nur bei den Säugethieren scheinen solche Ausnahmen vom allgemeinen Gesetze vorzukommen; unter den Vögeln, Amphibien und Fischen hat die Tropenzone stets die größten Arten aufzuweisen und nicht anders dürfte es bei den Mollusken und Gliederthieren bis zu den Würmern hinunter der Fall sein. Bei den Radiaten und Polypen, deren Körpergröße überhaupt nur gering ist, trägt nicht die größere Masse der einzelnen Individuen, sondern nur die

Fülle zahlreicherer Arten der Tropenzone den Sieg davon, und beurkundet ihre höhere Fruchtbarkeit. Im Ganzen ist jedoch die an das Meer gefesselte Organisation keinen so grellen, durch Klimate und Zonen bedingten Unterschieden unterworfen; denn in diesem Elemente hat sich das organische Leben überall gleichförmiger entwickelt und von den relativen Verschiedenheiten seiner Umgebung um so unabhängiger erhalten können, je abhängiger es anderer Seits von der nachhaltig eingreifenden Wirkung des Wassers als Lebenselement überhaupt bei seinem ersten Ursprunge gewesen zu sein scheint. —

Verfolgen wir demnächst in unserer Betrachtung die westöstliche Richtung der Erdoberfläche, so lautet das Resultat, zu dem wir kommen, durchaus anders. Wenige nicht sehr bedeutende Schwankungen, welche die Krümmungen der Isothermen angeben, abgerechnet, bleiben wir in dieser Richtung wandernd überall auf der Erde innerhalb derselben Organisationscharaktere, und erkennen sehr bald, daß die periodischen Unterschiede, welche die wechselnden Jahreszeiten in jeder Zone mit sich bringen, für gleiche Parallelkreise auch ähnliche allgemeine Verhältnisse hervorgerufen haben. Wie Europa besitzt Nordamerika seine schattigen, aus Eichen, Buchen, Birken und Nadelhölzern bestehenden Waldungen, seine grasreichen Weiden, seine der unserigen im Ganzen entsprechende Thierwelt; aber näher untersucht, erscheint uns jede einzelne Baumart eine andere, jedes dort einheimische Thier von dem unserigen verschieden. Auch in Sibirien und dem mittleren Hochasien wiederholt sich eben diese Thatsache; der Totaleindruck der Natur bleibt zwar derselbe, aber die genaue Identität der einzelnen Formen verliert sich, je mehr wir von einem gewissen Punkte aus nach Westen und Osten vorschreiten. Allein nicht bloß Artunterschiede nehmen wir bei näherer Prüfung wahr, auch neue Gattungen oder Familien treten auf, während andere fehlen; oder sie erscheinen hier häufiger, artenreicher, als dort auf der entgegengesetzten Seite der Erde. Solche Merkmale erkennt jedoch erst der sorgfältige Beobachter, den flüchtig gewonnenen Gesammteindruck ändern sie nicht, die kalte, gemäßigte oder heiße Zone bleibt dennoch überall unter gleicher Breite in ihrer Erscheinung dieselbe. Aber gerade die Differenzen, worauf eine schärfere Untersuchung der Formen leitet, sind es, welche für den Naturforscher das meiste Interesse haben, die er mit Vorliebe studirt, um das Gesetzmäßige innerhalb der Schwankungen aufzufinden und die Grundursachen zu errathen.

Zwei Momente scheinen auf diese Unterschiede hauptsächlich einzuwirken: weite zwischengelagerte Meere und hohe, langausgedehnte Gebirgszüge. Meere haben im Ganzen geringere Bedeutung, nur Oceane mit ihren erdumspannenden, die Welttheile trennenden Flächen äußern einen mächtigen Einfluß. Von ihnen allseitig umflossen ist Amerika derjenige Welttheil, dessen gesammte Organismen nicht bloß der östlichen Ländermasse ferner stehen, als die Bewohner von einzelnen Theilen der letzteren unter sich;

sondern der auch auf seinem langgezogenen Rücken eine viel gleichförmigere Welt von Geschöpfen uns darbietet, als die östlichen Kontinentalmassen. Von keinem hohen Gebirgszuge in anderer Richtung als längs der Westküste von Norden nach Süden durchschnitten, zeigt uns dieser merkwürdige Welttheil überall, so weit klimatische Verhältnisse es erlauben, seine eigenthümlichen Formen: seine sonderbaren Cacteen (S. 320), seine mit Händen an den Hinterbeinen versehenen fleischfressenden Beutelratten, seine Meerschweinchen, seine zottigen Faulthiere, Gürtelthiere, Kolibris, Tukans, buntfarbigen Tanagrae und seine scharf abgeschlossenen Penelopiden. Aber die Kette der Andes ändert seinen Charakter wesentlich, zumal in Südamerika, wo sie am entscheidendsten wirkt. Das Lama, das einzige ursprünglich amerikanische Hausthier, gehört, gleich dem Mays, nur dem westlichen Abhange der Cordilleren und ihren Hochebenen an, die östlichen Nationen haben kein gezähmtes Milch gebendes Geschöpf vor der europäischen Ansiedelung besessen, kein Brot lieferndes Samenkorn früher gekannt, als bis es die Europäer ihnen zuführten. Ueberhaupt hat Amerika, außer der Kartoffel, kein Nahrungsgewächs hervorgebracht, dessen Bedeutung sich anders als in den Bedürfnissen des Luxus geltend machen könnte; und daher ist es nicht bloß der jüngere, es ist auch der ärmere, organisch einfachere und beschränktere Welttheil, der seine Stellung, auch wenn sie entscheidender im Bunde der Völker werden sollte, lediglich den Mittheilungen verdankt, die der ältere östliche Kontinent einer spät wieder gefundenen Schwester, weniger aus Liebe und Wohlwollen, als von Habgier und Selbstsucht bestimmt, hat zukommen lassen. —

Wie ganz anders verhält sich dagegen die östliche Ländermasse der Erde; Asien zumal, die Wiege der Kultur, wenn auch nicht der Menschheit, und Europa, das freie, vom Lichte der Einsicht und Aufklärung vielseitig durchdrungene; beide diejenigen Erdtheile, auf denen der Mensch, was er Großes je geschaffen hat, erfand; auf denen die schöpferische Kraft der Natur ihre edelsten, schönsten und nutzbarsten Wesen ins Dasein treten ließ. Nicht die Einförmigkeit der Gestalten ist es, die wir hier bewundern, es ist die Mannigfaltigkeit und Vielheit derselben, wovon wir überrascht werden. Und doch hat die östliche Halbkugel unserer Erde kein so scharf sonderndes Gebirgssystem, keine so unmittelbare Grenze in sich; fast scheint es, als ob eine geringere tellurische Einwirkung hier hinreichend gewesen wäre, die an sich bildsameren organischen Grundelemente zur größern Mannigfaltigkeit zu gestalten. Versuchen wir es, letztere in einigen allgemeinen Zügen näher zu schildern.

Ausgedehnteren Bodens hat die alte Welt nicht bloß die größere Zahl von Arten, sie hat sicher auch die größere Menge der Individuen von jeher besessen und bis jetzt noch behalten. Mindestens um die Hälfte dürfte sich die Gesammtmasse der Organismen des östlichen Kontinents über die des

westlichen erheben. Aber wie dieser Kontinent nicht überall gleichmäßig bevölkert ist, so hat er auch nicht überall einen gleichen Organisations-Charakter, und dieser Umstand besonders erhebt ihn über seinen westlichen Nachbar. Vier große Gebiete scheiden sich in ihm aus, von denen jedes wieder seine untergeordneten Abtheilungen besitzt. Das erste europäisch-asiatische Gebiet umfaßt ganz Europa, Nordafrika bis zum Atlas, Nordasien bis an die Hochebenen der Tartarei, nebst den Gegenden am kaspischen, schwarzen und Mittel-Meer; den Landstrich also, auf den die höhere Kultur der Menschheit von jeher, Indien etwa ausgenommen, so lange beschränkt gewesen ist, bis Ansiedler von hier sie in ferne Gegenden nach außerhalb übertrugen. Ausgedehnte Waldungen von Nadelhölzern im Norden und kätzchenblumigen Laubhölzern im Süden, die zahlreicheren D o l d e n g e w ä c h s e (S. 320) und C r u c i f e r e n (S. 320) in den mittleren, die L o r b e e r b ä u m e, M y r t e n und N e l k e n g e w ä c h s e, welche in den südlicheren Gegenden sich ihnen zugesellen, geben die auffallendsten, längst bekannten Merkmale dieser Gegenden ab. Innerhalb ihrer Grenzen sind alle unsere Fruchtbäume und Nahrungspflanzen entstanden; hier ist die Geburtsstätte sämmtlicher Hausthiere; aber keine zoologisch merkwürdige Thierform, keine ganz auf diese Räume beschränkte eigenthümliche Pflanzengestalt läßt sich daselbst nachweisen. Durch die Alpenkette und ihre Fortsetzungen gleicher Breite wird das südliche Drittel als eine selbstständigere, um das Mittelmeer herumgelagerte Ländergruppe abgeschieden, für welche der D a m m h i r s c h der Repräsentant aus seinem Geschlechte war, wie der E d e l h i r s c h für den mittleren, und das R e n n t h i e r für den nördlichsten, der Obstbäume beraubten Abschnitt; hier ist der E i s b ä r, im mittleren Abschnitt der b r a u n e B ä r, im südlichen bereits der L ö w e das größte Raubthier; dort wachsen nur noch B i r k e n, hier eßbare K a s t a n i e n, zwischen beiden Buchen und Eichen als die vermittelnden Glieder.

Zwei große selbstständige Gebiete reihen sich südlich an den europäisch-asiatischen Kontinent: A f r i k a im Westen; Indien, China und die Sunda-Inseln im Osten. — A f r i k a ist der eigenthümlichste Welttheil auf der östlichen Halbkugel. Seine wasserarmen Landstrecken scheinen auf eben so unbedeutende Gebirgszüge hinzuweisen und namentlich im Innern des ganzen Kontinents nur eine einzige große Fläche zu verrathen. Daher erstreckt sich die Eigenthümlichkeit seiner Organisation, mit geringen Abänderungen, von einem Ende bis zum andern, und wenn wir das nordwärts durch Gebirge abgeschlossene Küstengebiet G u i n e a s, oder das in ähnlicher Art begrenzte K a p l a n d ausnehmen, so hat Afrika nicht leicht irgendwo andere, als die allgemeinen organischen Typen seiner Oberfläche hervorbringen können. Wälder und Wiesen, diese Geburtsstätten alles reichlichen organischen Lebens, fehlen ihm; nur an den feuchten Küsten oder im Quelllande der größeren Flüsse hat sich eine üppigere Vegetation gestalten können;

aber die flüchtigere Thierwelt hat auf dem ausgedehnten Tieflande desto leichtere Communicationswege gefunden. Zahlreiche Antilopen, der zierliche Schmuck unabsehbarer Ebenen, beweiden den afrikanischen Boden; gestreifte Pferde oder Zebras, welche die auffallenden Unterschiede des Hauspferdes und Esels zu verbinden streben, schließen sich ihnen an, während einsam oder in kleineren Gruppen die gespenstige Gestalt der Giraffe als merkwürdigste Form der afrikanischen Thierwelt uns begegnet. Aber nicht bloß das friedliche Geschlecht der Wiederkäuer (S. 370), auch die wilde Hyäne, das plumpe Nilpferd, die häßlichen Paviane, die gigantischen Strauße und die zierlichen Perlhühner gehören zu den Eigenthümlichkeiten dieses Welttheils. Und wenn irgendwo der Charakter desselben abweichender entwickelt ist, so möchte es in Guinea der Fall sein, wo die kolossalsten Pflanzenstämme der Adansonie neben den größten Käfern, den prachtvollen Goliathiden, auftreten, während die Zebras, Antilopen und die Giraffe fehlen, weil das schmale Flachland der Küsten ihrer Lebensweise nicht mehr zusagt.

Völlig verschieden von Afrikas weit ausgedehnten Ebenen ist das südöstliche, von den gewaltigsten Strombetten durchfurchte, asiatische Hochland mit seinen benachbarten Inselgruppen; eine Gegend der Mannigfaltigkeit, wie es keine andere auf der Erdoberfläche giebt. Schwer hält es eben deshalb, ihre Eigenthümlichkeit in wenige Worte zusammenzufassen. Neben der uralten, aber erloschenen Kultur Indiens, steht hier die eben so alte, seit Jahrhunderten abgeschlossene Bildungsstufe der Chinesen, und an beide reihet sich das flüchtig dahin geschwundene, einem unbesonnenen Wüstlinge vergleichbare Geschlecht der Malayen, denen die aufkommende Herrschaft der Europäer vielleicht später einen neuen Glanz verleihen wird. Und so wie diese Völker in ihrer Geschichte uns erscheinen, so giebt sich auch die organische Natur ihrer Heimath uns zu erkennen. Riesenhafte und zugleich kluge Elephanten verrathen die ungeheure Fruchtbarkeit dieses Bodens, während der blutgierige Tiger, das größte und gefährlichste Raubthier der Erde, jenen asiatischen Weltstürmern gleich, die Zügellosigkeit der Leidenschaft bekundet, welche ein üppig emporgeschossenes, mit den Drangsalen der Noth unbekanntes Wesen anzudeuten pflegt. Hier ist die Heimath vom Reis, dem schönsten Brodkorne der Erde, hier wachsen alle edleren Gewürze, hier haben die Baumwolle, der Thee, die Camellie, das Moschusthier, der Seidenwurm und die nutzbare Gattung der Haushühner nebst den Fasanen und Pfauen ihre ursprünglichen Wohnsitze. Paradiesvögel bilden nach Osten, Perlenmuscheln nach Westen die merkwürdigsten Grenzpfeiler der zwischen ihnen angesessenen Organismen.

Ein viertes organisches Reich macht endlich Neuholland mit den Inseln der Südsee aus, und zerfällt in eine natürlich geschiedene westliche und östliche Hälfte, von denen das Festland in jener, die Inselwelt Australiens in

dieser enthalten ist. Sonderbarer noch als Afrika gestaltet, aber nicht eben eigenthümlicher, ist Neuholland durch den Mangel aller nicht zu den Beutelthieren gehörigen Vierfüßer, einige Nagethiere und den allgemein verbreiteten Hund abgerechnet, vorzugsweise kenntlich gemacht; und eben so auffallend unterscheiden es seine schmalblättrigen, graubelaubten Bäume, seine luftigen, schattenlosen Wälder von allen übrigen Weltgegenden. Seine merkwürdigen Schnabelthiere, seine hochbeinigen Känguruhs, seine mit Rüsselnasen versehenen Seehunde, welche freilich durch die ganze Südsee bis nach Amerika hinüberstreifen, haben nirgends ihres Gleichen. Aermer an Formen überhaupt, also auch an eigenthümlichen, ist Polynesien; kein Säugethier scheint auf seinen Inseln ursprünglich ansässig gewesen zu sein, keine eigenthümliche Pflanzenfamilie seine ebenen oder hohen Eilande zu bekleiden. Cocospalmen oder Brodbäume sind auf diesen Inseln die nutzbaren Gewächse, doch nur die letzteren hier ursprünglich einheimisch; riesenhafte Eucalypten bekleiden ihre Ufer bis unmittelbar an das Meer, aber keine saftreiche Frucht, kein schönfarbiger Blüthenschmuck ist ihnen zu Theil geworden. Einförmigkeit der Natur hat Einfachheit der Sitten und Lebensweise bedingt, zugleich aber auch den Sinn der Bewohner auf höhere Kunstfertigkeiten gerichtet, und sie dadurch den Einwirkungen einer besseren Geisteskultur zugänglich gemacht. Nie wurde ein mehr civilisirter Zustand schneller unter wilden Nationen verbreitet, als auf den Inseln der Südsee, deren tropisches, durch die beständige Meeresnähe und Feuchtigkeit gemildertes Klima geringem Fleiß einen reichlichen Ersatz für seine Bemühungen darbietet.

Nach Erörterung dieser fünf großen organischen Gebiete auf der Erdoberfläche haben wir zunächst die neue Thatsache zu erwähnen, daß zwar der allgemeine Charakter eines jeden Gebietes, als besondere Modifikation der organischen Welt an dieser bestimmten Stelle der Erdoberfläche, überall nicht zu verkennen ist, daß sich aber auch Wiederholungen von Formen anderer Gebiete in einem jeden nachweisen lassen, die von ähnlichen äußeren Zuständen herrühren. Dies Gesetz findet besonders in den wärmeren und heißen Erdstrichen seine Anwendung, wenn sich dieselben bedeutend über den Spiegel des Meeres erheben, oder gar zu hohen Gebirgszügen ansteigen. Alsdann nimmt mit der Erhebung über das allgemeine Niveau der tropische Charakter in gleichem Maße ab, die eigenthümlich endemischen Formen schwinden, und eine andere, den Bewohnern der gemäßigten und kalten Zonen nach und nach ähnlicher werdende Organisation tritt an deren Stelle. Allein diese Aehnlichkeit bezieht sich nur auf das Allgemeine der Bildung, nicht auf die engere spezifische Uebereinstimmung. Wenn wir also in der Tropenzone eines bestimmten Welttheiles ein Gebirge besteigen, dessen erhabenste Gipfel die Schneeregion (S. 45) erreichen oder überragen, so verliert sich allerdings der tropische Charakter dieses Gebiets alsbald mit der Höhe, die wir erstiegen haben; schon bei einer Erhebung von 3000 Fuß über dem Meere verlassen uns die Palmen und mit ihnen die gesammten

tropischen Eindrücke; Laubwälder, die den unsrigen ähneln, stellen sich ein, denen je höher hinauf desto mehr Nadelhölzer sich beimischen, bis letztere in einer gewissen Höhe (auf den Cordilleren unter der Linie etwa bei 12,000 Fuß Meereshöhe, auf dem Himalaya schon bei 8000 Fuß) die Oberhand gewinnen und allein noch die baumartigen Gestalten des Pflanzenreiches abgeben. Ueber ihnen finden sich nur einzelne Sträucher, bald aber bloß Kräuter, zuletzt Moose und Flechten, als die äußersten Grenzen der Vegetation. Allein neben dieser allgemeinen Aehnlichkeit erhält sich immer ein bestimmter Unterschied, der nicht selten über die spezifischen Grenzen hinausgeht, und zu einem generellen oder gar noch höheren wird. Wir werden daher auf den Hochebenen der Anden keine europäischen Eichen oder Fichten antreffen, sondern nur andere, diesem Gebirge eigenthümliche, analoge Arten derselben Gattungen oder Familien[1]); wir werden aber auch neben diesen unsern heimathlichen Gestalten neue Formen, z. B. die Chinarindenbäume (S. 319) auf den Cordilleren, erscheinen sehen, die unsern Sinnen sogleich als fremde Erscheinungen sich verrathen. In solcher Weise wird also jedes selbstständige organische Gebiet der Erdoberfläche, trotz den allgemeinen Aehnlichkeiten, die es mit anderen Gebieten in seinen verschiedenen Abtheilungen uns darbieten kann, seine Eigenthümlichkeit behaupten; es wird neben Aehnlichem auch Abweichendes behalten und durch das letztere uns von seiner Selbstständigkeit überzeugen. —

Fassen wir die Gesammteindrücke unserer bisherigen Untersuchung übersichtlich zusammen, so lehrt uns die angestellte Betrachtung, daß erstens, je weiter wir unter demselben Parallelkreise der Erde von einem Punkte aus um sie herumgehen, desto verschiedenartiger im Einzelnen, bei allgemeiner Aehnlichkeit, ihre Erzeugnisse werden; während zweitens, je höher wir unter sehr verschiedenen Breiten über das Niveau des Meeres uns erheben, die Gesammteindrücke der Umgebung sich bei fortdauernder spezifischer Differenz stets wiederholen. Daß aber drittens, je weiter wir auf demselben Meridiane fortschreitend vom Nordpol nach dem Südpol uns hinwenden, desto greller die Unterschiede nicht bloß im Einzelnen, sondern auch im Ganzen sich gestalten. Indessen sind die einander zugewendeten Küsten zu beiden Seiten der großen Weltmeere, obgleich sie unter verschiedenen Meridianen liegen, eben so wenig ohne alle Analogien der Organismen, wie die Südspitzen der großen Kontinentalgruppen; und wenn es auch nicht leicht eine Art giebt, die hier in großen Fernen zugleich an zwei verschiedenen Stellen vorkäme, einige leicht bewegliche Wasser- oder Raubvögel etwa ausgenommen, so giebt es doch nicht selten analoge Gestalten,

---

1) Eigentliche Fichten mit langen Nadelblättern gehen in Amerika nicht südlicher als bis Mexiko, von da an vertreten die Gattungen Araucaria und Podocarpus ihre Stelle. Auf der östlichen Halbkugel verbreiten sich Fichtenarten bis nach Sumatra, aber ihre Hauptgrenze liegt auch hier außerhalb der Tropen.

die sich augenscheinlich als Modificationen einer Grundform beurkunden und die Gleichheit der Idee verrathen. Diese Analogien der Geschöpfe werden um so größer, je näher die Ländermassen ihrer Heimathsorte an einander rücken, je weniger sie durch hohe scheidende Gebirgskämme eine Unterbrechung erleiden; denn überall sind sie es, welche die schärfsten Grenzen der Organisation bestimmen. Dagegen tritt das Wasser mehr als ein vermittelndes Band für die Geschöpfe auf, welches sie mit größerer Leichtigkeit überschreiten; ja die eigentlichen Wasserbewohner verrathen überhaupt nicht so grelle Unterschiede, sie neigen vielmehr zu ähnlichen Formen unter allen Zonen und Breiten, und manche von ihnen, die dem Meere angehören, leben selbst in den weitesten Fernen von einander, z. B. an beiden Polen, in genau gleicher Gestalt als eine und dieselbe Art. Das wird namentlich vom größten Meerthiere, dem Cachelot oder Pottfisch, ja selbst vom ächten Walfisch behauptet, ist aber überhaupt nur für Meerthiere gültig; denn in den Binnengewässern und Flüssen folgen die Geschöpfe mehr den Bildungsgesetzen der Landesorganismen, sie bleiben in ihnen um so verschiedenartiger, je weiter ihre Geburtsstätten aus einander liegen. Reichthum und Fülle der Organisation im Ganzen sind aber nicht bloß von den Zonen abhängig, sie richten sich auch eben so sehr nach der größern Ausdehnung des Bodens, welcher der organischen Welt zur Entfaltung geboten wurde. Je beschränkter er ist, desto geringer die Menge, sei es an Formen allein, oder zugleich an Individuen. Daher haben Inseln stets eine ärmere Organisation, als die nahe gelegenen Küsten des Festlandes, und mit ihrer Größe harmonirt wieder die Menge der Angesessenen sehr bestimmt. Ganz kleine Eilande sind um so spärlicher belebt, je weiter sie sich von den Kontinenten entfernen, ja sie verlieren bald alle festen thierischen Bewohner, während eine grünende, wenn auch einförmige Pflanzendecke ihnen noch bleibt. Diese Vegetation ist hier um so üppiger, je mehr verwittertes Schuttland die Insel bedeckt und umgiebt; nackte, einsam aus der Tiefe emporragende Felsen ohne Strandbildung pflegen außer Flechten, Moosen und armseligen Kräutern kein organisches Wesen zu beherbergen. Nur flüchtige Wasservögel, die den Fischen nachstellen, lassen auf ihnen von Zeit zu Zeit sich nieder und geben durch den hier abgelegten, seit Jahrtausenden aufgehäuften Unrath (Guano) Veranlassung, daß später eine bessere organische Schöpfung Wurzel schlägt, wenn nicht die erdumbildende Hand des Menschen das Brauchbare wieder entführt, und das Unbrauchbare seinem eignen Schicksale aufs Neue preisgiebt. —

Nach so viel beweisenden Thatsachen kann also die einleitungsweise ausgesprochene Ansicht, daß ein großer Theil aller äußeren Unterschiede des Thier- und Pflanzenreiches auf Rechnung äußerer Einwirkungen bei ihrem Ursprunge geschoben werden müsse, wohl für eine fest begründete Vorstellung angesprochen werden, sie kann mit Fug und Recht für ein allgemeines Naturgesetz gelten, dessen vollgültige Wirkung für die Erscheinungsweise der

gegenwärtigen organischen Schöpfung uns zu einem sichern Schluß auf die untergegangene berechtigt. Wir wenden uns jetzt zu einer allgemeinen Betrachtung derselben, und wollen, wenn wir im Besitz der Formunterschiede sind, uns einen solchen Schluß auf die damaligen äußeren Verhältnisse ihrer Umgebung erlauben. —

24.

Organisation der ältesten Erdschichten bis zum Zechstein.

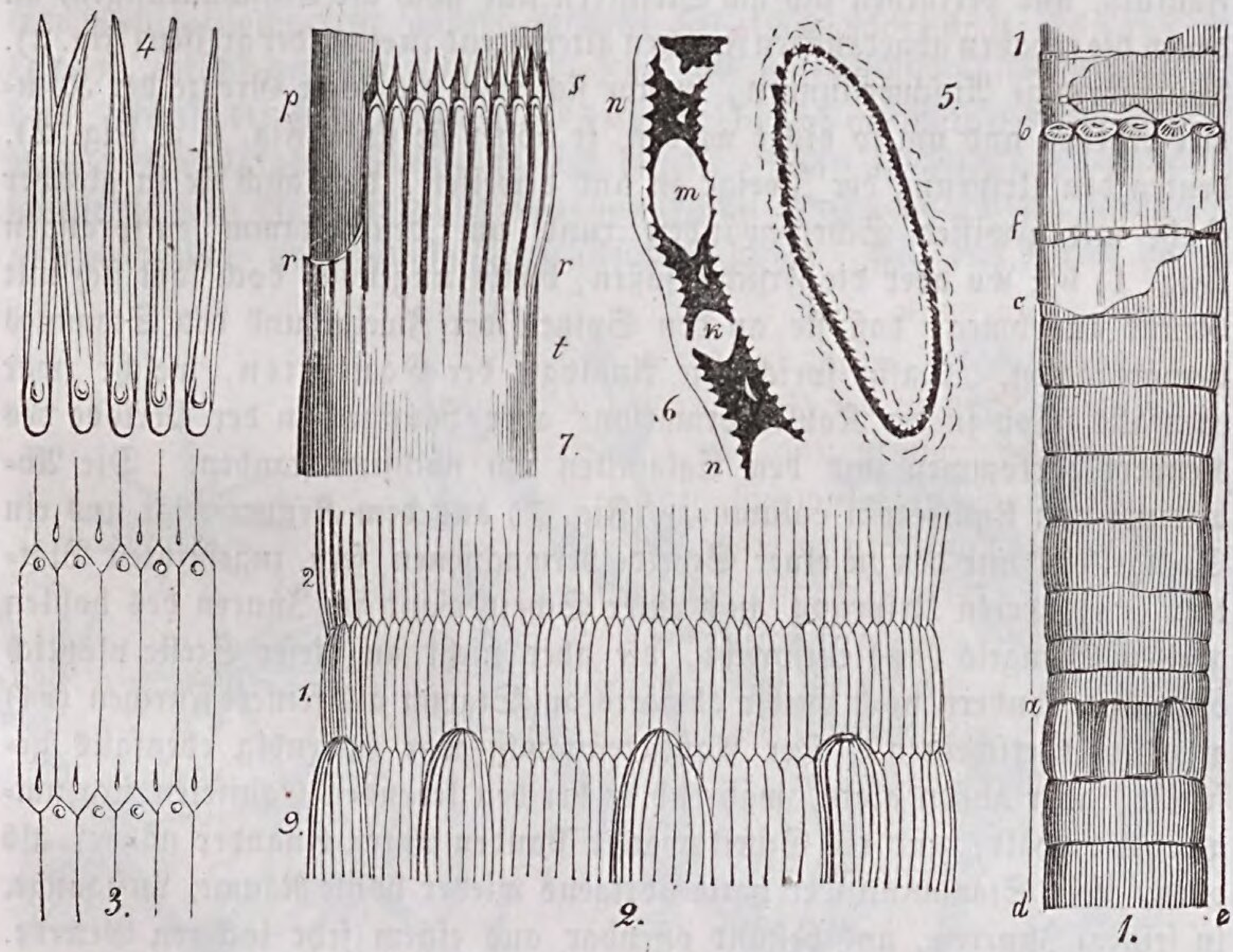
Indem wir an die nähere Schilderung derjenigen organischen Geschöpfe gehen, deren Reste sich in den neptunischen Niederschlägen unserer Erdrinde finden, werden wir die beabsichtigte Uebersicht wohl am leichtesten auf die Weise gewinnen, daß wir den einzelnen Schichten folgen, und jede besondere auf ihren organischen Gehalt untersuchen. Allein diese Art der Betrachtung würde nur bei einer sehr speziellen Erörterung ihren Werth haben; vorzüglicher dürfte es für unsere Zwecke sein, nicht jede Schicht einzeln, sondern die Menge derer im Zusammenhange zu schildern, in denen eine gewisse Uebereinstimmung der Organisation im Ganzen sich zu erkennen giebt. Eine solche Schichtenfolge würden wir darnach als das Produkt einer besonderen größeren Schöpfungsperiode betrachten dürfen.

Vielfache Thatsachen, auf die wir schon mehrmals hinwiesen (z. B. S. 192), scheinen freilich die scharfe Sonderung großer Perioden in der Schöpfung seit Entstehung der Organisation unmöglich zu machen, sondern mehr einer allmäligen und lokalen, als plötzlichen und allseitigen Umwälzung der Dinge das Wort zu reden; allein eine allmälige Entwickelung und Ausbildung findet statt, das ist nicht zu bezweifeln. Wollen wir aber den Gang derselben übersehen, so müssen wir Abtheilungen machen und nach vorhandenen Unterschieden da Grenzen ziehen, wo die Natur selbst vielleicht gar nicht so scharfe Grenzen gezogen hatte. Hiezu bietet nun die organische Natur mit ihrer stufenweisen Entwickelung das beste Hülfsmittel an die Hand, und ohne damit einen besonderen Ruhepunkt in der fortschreitenden Gestaltung des Erdkörpers annehmen zu wollen, sehen wir den Mangel luftathmender Rückgratthiere vor einer gewissen Epoche als einen merkwürdigen, wohl nicht zufälligen Charakter dieses Zeitraumes der Schöpfung an. Wir begrenzen daher mit den Schichten, in denen die ersten höheren Landthiere auftreten, die älteste Periode der Erde nach Entstehung der Organisation, und finden, daß in dieser Scheidung zu ihr alle primären neptunischen Niederschläge vom Thonschiefer bis zum Zechstein aufwärts gehören (S. 206). Nach den vollendetsten Organismen, die während dieser Periode den Erdkörper be-

völkerten, haben wir sie schon oben (S. 278) als den Zeitraum der Fische bezeichnet.

Was zunächst die Eigenthümlichkeiten des Pflanzenreiches während dieses Zeitraumes betrifft, so scheint besonders in ihm ein sehr bestimmter Charakter der damaligen Zustände sich auszuprägen. Wir treffen nämlich in den Schichten der hieher gehörigen Niederschläge zwar höchst beträchtliche Massen vegetabilischer Substanz, die uns in verkohlter Form als Steinkohlen aufbewahrt wurden (S. 202), allein eine sehr auffallende Armuth mannigfacher Gruppen, und eine Monotonie des Gewächsreiches, die nicht bloß mit der heutigen Mannigfaltigkeit der gesammten Erdoberfläche, sondern auch mit dem lokalen Charakter unserer Gegenden im grellsten Kontrast steht. Und diese Einförmigkeit herrscht nicht etwa bloß in den Kohlenschichten Europas, sondern auch in denen Nordamerikas und der südlichen Erdhälfte, so weit wir sie kennen; überall stoßen wir auf dieselben Pflanzenformen, und überzeugen uns, daß damals eine gleiche oder doch höchst ähnliche Vegetation alle von ihr bekleideten Theile der Erdoberfläche bedeckte. — Zuvörderst fehlen einfache Zellpflanzen ohne Achse und Radien, also die Aphyllen, einige Seealgen (Fucoiden) abgerechnet, die man im Uebergangskalk, Bergkalk und Zechstein entdeckt hat, ziemlich allgemein; was wohl mehr auf Rechnung ihrer Weichheit und ihres zarten Baues, als auf einen wirklichen Mangel von Flechten und Algen in damaliger Zeit zu schieben ist. Dasselbe gilt von den Pilzen, deren Existenz nur eine wenig ältere Organisation voraussetzt, insofern absterbende und faulende Pflanzenbestandtheile die Entstehung dieser schnell wachsenden Organismen alsbald herbeiführen. Auch Moose, die es ohne Zweifel in jenen feuchten schattigen Waldungen gab, hat man wohl ebenfalls ihrer Zartheit wegen noch nicht wahrgenommen. Dagegen erscheinen in großer Menge Reste acotyledonischer Gefäßpflanzen (S. 316). Wir erinnern uns, daß diese Gruppe des Pflanzenreiches, nach der Stellung ihrer Sporen tragenden Kapseln, zwei Unterabtheilungen umfaßt, die Caulocarpen und Phyllocarpen. Beide waren häufige Erscheinungen in der ältesten Vegetationsperiode und bildeten in mannigfachen Repräsentanten den eigentlichen wahren Gehalt des damaligen Gewächsreiches. Die Caulocarpen, bei deren Betrachtung wir früher nur kurze Zeit verweilen konnten, zerfallen gegenwärtig wieder in zwei Gruppen, je nachdem die Entwickelung mehr auf die Achse sich beschränkt und die kleinen, stets in gleicher Höhe rings um den Stengel stehenden Blätter dagegen verschwinden (Verticillatae), oder die Blattbildung entschieden überwiegt, und die dicht von ihnen bekleidete Achse dagegen zurücktritt (Foliosae). Beide Abtheilungen, die man noch wieder in Familien spalten kann, erscheinen in jener Zeit sehr zahlreich. Unter den Verticillaten oder Quirlstenglern ist die Gattung der Calamiten für die fossile Flora von besonderer Wichtigkeit; übrigens eine weniger eigen-

thümliche, als überraschende Pflanzengestalt, insofern sie mit den allgemeinen Merkmalen der heutigen Schachtelhalme (Equisetum) einen riesenmäßigen Wuchs von mehreren Klaftern Länge und entsprechender Dicke verbindet. Der Stamm war hohl, auf seiner äußeren Oberfläche (Fig. 1, b c) glatt, auf der inneren fein in die Länge gefurcht (c d) und durch Scheidewände in Kammern getheilt, deren Größe von unten nach oben zu wachsen pflegt. Draußen saßen in gleicher Höhe mit den Scheidewänden (f), auf



Figur 1, 2 und 4: Calamites varians; Figur 7: Equisetum columnare [1]).

kleinen Knötchen unter ihnen, die schmalen linienförmigen, bis auf den Grund getrennten Blätter (Fig. 4). Die letzteren fehlen, mit der gesamm-

1) Calamites varians kommt in der Wettiner Steinkohlenformation vor und ist hier nach einem gut erhaltenen, gegen 2 Fuß langen und 2 Zoll breiten Stengelsteinkern abgebildet, der oben, wo die 5 Zweige entsprangen (b), noch seine verkohlte Pflanzensubstanz behalten hat. Als Artcharakter ist die Wiederkehr von je 9 allmälig größeren Kammern zwischen je 2 Aeste tragenden Scheidewänden zu betrachten. Die Aeste stehen auf kurzen Polstern, welche, im Innern hohl, sich über die Höhe der Scheidewand erheben und den Stamm beträchtlich verdicken. Die äußeren Linien d und e (Fig. 1) deuten die Zunahme der Stammdicke nach unten an, und erklären dadurch die Abnahme der Breite des Steinkerns nach unten. Fig. 3 stellt eine Gegend zwischen zwei Scheidewänden von Calamites decoratus vor, und wurde hinzugefügt, um die Knötchen an den Enden der Furchen neben den Scheidewänden anschaulich zu machen. —

ten vegetabilischen Schicht, bei den meisten Calamiten, und können nur selten, die Blätter in Abdrücken, der Stammcylinder als verkohlte Masse, an einzelnen Exemplaren wahrgenommen werden; dagegen sieht man die Struktur der inneren Oberfläche sehr deutlich an dem genauen Abguß, welcher durch Einfließen des feinen Thonschlammes in den hohlen Stamm entstand. Die dünnen Scheidewände seines Inneren gingen nämlich schon früh verloren, sei es durch Eintrocknen während des Lebens, oder später durch Fäulniß, und verrathen sich am Steinkern nur noch als Einschnürungen, an denen die erhaben abgedruckten Furchen alternirend in einander greifen (Fig. 2). Wulstförmige Anschwellungen, welche sich über die obere Grenze der Kammer erheben und um so dicker werden, je höher sie sind (Fig. 1 a, Fig. 2), deuten den Ursprung der Zweige an und beweisen, daß auch sie in gleicher Höhe mit gewissen Scheidewänden rund um den Stamm entsprangen (Fig. 1, b); wo aber die Früchte saßen, bleibt ungewiß, doch läßt sich mit Grund annehmen, daß sie an den Spitzen der Zweige und des Stammes hervorbrachen. Dafür spricht die Analogie der Equiseten, welche zwar ebenfalls schon in der Kohlenformation, aber häufiger in der Periode des Keupers vorkommen und den Calamiten am nächsten standen. Die Abbildung von Equisetum columnare (Fig. 7) aus dem Keuper zeigt uns ein Stengelstück mit den zu einer Scheide verwachsenen fein zugespitzten Blättern (r s), deren Ursprung auch einer Scheidewand im Innern des hohlen glatten Stengels (r p) entspricht, die aber nicht an dieser Stelle plötzlich beginnen, sondern noch weiter abwärts am Stamm als feinere Furchen (r t) angedeutet erscheinen. Der Equisetenstamm war inwendig ebenfalls gefurcht, aber außen glatt, während er bei den lebenden Equiseten sich umgekehrt verhält, und die Scheidewände standen unten einander näher, als oben. Der Stammcylinder hatte übrigens wieder hohle Räume, Luftgänge, in seinem Inneren, und bestand offenbar aus einem sehr lockeren Gewebe. Das scheint auch vom Calamitenstamme zu gelten, wie die verkohlten Reste einzelner wohl erhaltener Exemplare des Kohlensandsteins beweisen. Ein solches zeigt uns Figur 5 im Querschnitt, aber sehr verkleinert; während Figur 6 einen Theil desselben in halber natürlicher Größe darstellt. In der schwarzen Kohlenmasse, deren innere wie äußere Oberfläche gefurcht erscheint, treten große Lücken (k und m) als Querschnitte von weiten Luftgängen auf, mit denen andere kleinere Luftkanäle abwechseln. Eine weiche lockere Oberhautlage (n n) scheint den ganzen Stamm bekleidet und ihm dadurch das glatte Ansehen auf der äußern Fläche verschafft zu haben; denn immer umgeben den festen Kohlencylinder kleinere hautförmige Kohlenfetzen (Fig. 5), welche von einer abgelösten äußeren Schicht, oder von Blättern herrühren müssen. Die im Inneren bemerkbaren ähnlichen Kohlenstreifen lassen sich als eine innere Oberhaut, oder als Reste der Scheidewände deuten. So viel steht nach allen Wahrnehmungen fest, daß die Calamiten und Equiseten sehr ähnliche Gewächse waren und von einander hauptsächlich

nur durch die bei den Calamiten getrennten, bei den Equiseten zu Scheiden verwachsenen Blätter abwichen [2]). Die ersteren scheinen in der Kohlenformation, die letzteren während der Triasepoche ihre größte Entwickelung erreicht zu haben; jene verschwanden seitdem von der Erdoberfläche, diese erhielten sich länger, selbst bis zur Gegenwart, verloren aber ihr gigantisches Ansehen und kommen jetzt nur noch in kleinen, federkielsdicken, pygmäenartigen Formen vor. —

Neben den Calamiten und Equiseten erscheint übrigens in der Steinkohlenepoche eine andere Gruppe der caulocarpen Verticillaten, welche der Gegenwart ganz fehlt und überhaupt nur damals existirt hat. Es ist die Familie der Asterophylliten, Pflänzchen von keineswegs riesenmäßigem Wuchse in sich fassend, deren wichtigste Formunterschiede sich auf die Gattungen Sphenophyllum *Brogn.* (Rotularia *Sternb.*), Asterophyllites und Annularia zurückführen lassen. Alle drei hatten hohle,



Figur 1: Sphenophyllum Schlotheimii; Figur 2: Asterophyllites equisetiformis; Figur 3: Annularia longifolia.

weiche, gegliederte Stengel, die von Absatz zu Absatz mit Scheidewänden versehen und meist an derselben Stelle nach außen etwas verdickt waren.

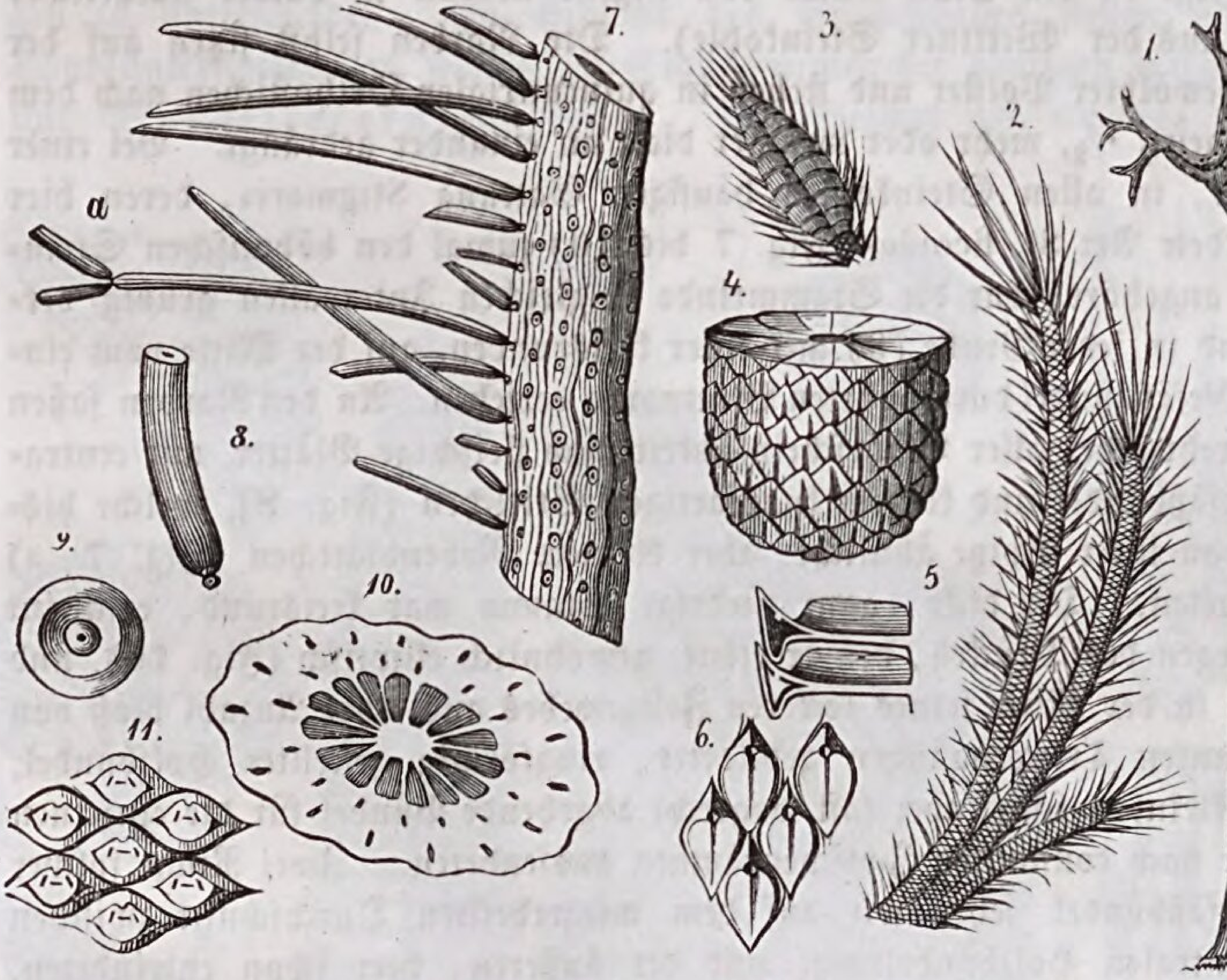
---

2) Vergleiche die wichtige Beobachtung von Quenstedt in Leonhardt's und Bronn's neuem Jahrb. ꝛc. 1842. S. 305; und A. Petzold, über Calamiten und Steinkohlenbildung. Dresden 1841. 8.

Nur Asterophyllites erscheint an der Scheidewand eingeschnürt und stark gestreift zwischen den Einschnürungen; Sphenophyllum und Annularia hatten glatte Stengel. Die Blätter saßen, wie bei den Calamiten, quirlförmig um den Stengel in der Höhe der Knoten oder Einschnürungen, waren aber von verschiedener Bildung. Sphenophyllum zeigt keilförmige flache Blätter, mit breitem, oft ausgezacktem Endrande, deren Menge an jedem Quirl ein Produkt der Zahl 3 ist; Asterophyllites hat schmale, einfache, fein zugespitzte, linienförmige Blätter; Annularia breitere, flache, schmal bandförmige, zugespitzte, mit einfachem Mittelnerv (Fig. 3, a). Ob auch bei Asterophyllites sich Nerven finden, ist schwer zu bestimmen, die Blätter scheinen hier etwas dicker gewesen zu sein; aber bei Sphenophyllum sind deutliche, mehrmals gabelig verästelte Nerven (Fig. 1, b) vorhanden. Die Früchte standen in den Blattquirlen, oder an den Spitzen der Nebenzweige, und sind bei Sphenophyllum zuerst im Wettiner Kohlenrevier beobachtet worden. Sie bildeten große federkielsdicke Aehren von 2 bis 3 Zoll Länge, welche aus sechs Reihen runder Kapseln bestanden und unter jeder Kapsel ein schmales, kurzes, grannenförmiges Hüllblatt zeigen. Bei Asterophyllites waren die Aehren (Fig. 2, a) weniger gedrängt, die Kapseln offenbar kleiner, aber die Hüllblättchen länger. Annularia scheint ganz ähnliche Aehren wie Sphenophyllum getragen zu haben, nur die Hüllblättchen blieben auch bei ihr etwas größer. Allem Anschein nach wuchsen die drei eigenthümlichen Pflanzenformen auf feuchtem Grunde und bildeten niedrige, möglicher Weise selbst im Wasser stehende oder schwimmende Stauden, deren Stämmchen kurz blieben, während die langen dünnen Zweige nach zwei gegenüberstehenden Seiten von ihnen sperrig abstanden. Bei Annularia und Asterophyllites verlor der Stamm mit der Zeit die Blätter; bei Sphenophyllum behielt er sie nicht bloß länger, sondern er veränderte sie vielleicht gar; wenigstens trifft man einzelne Exemplare der abgebildeten Art, deren fruchttragende Zweige abgerundete Blätter (Fig. 1, b) haben, während der zweigtragende Stengel gabelig getheilte und an jedem Lappen ausgezackte Blätter (Fig. 1, c) besitzt. —

Nicht minder zahlreich, als die eben geschilderten Verticillaten, waren in damaliger Zeit die mit quincunxialer Blattstellung begabten Foliosen vertreten. In der Gegenwart bildet ihren Hauptrepräsentanten die Gattung des Bärlapps (Lycopodium); Pflänzchen von moosartigem Ansehen, gewöhnlich eine Spanne bis 2 Fuß lang, mit verzweigten dünnen Stengeln, welche dicht gedrängt, von zarten, länglich-dreiseitigen Blättchen bekleidet sind und an ihren oberen Enden, auf den kurzen Blattstielen, kleine Kapseln mit feinem gelbgefärbten Sporeninhalte tragen. Unter dem Namen Hexenmehl (Semina Lycopodii) ist die staubförmige Masse, welche sich, an's Feuer gebracht, schnell zu entzünden und weit aufzuflammen pflegt, eben so gut bekannt, wie wegen ihrer Benutzung als Streupulver auf Pillen und abgeriebene Hautstellen. — Die foliosen Cau-

locarpen der Steinkohlenformation waren Bäume von beträchtlicher Größe, welche den Gattungen Lepidodendrum, Sagenaria, Stigmaria, Sigillaria nebst deren Verwandten angehören und in mehr als 50 verschiedenen Arten damals existirt haben. Am meisten charakteristisch sind darunter die Lepidodendra, Gewächse völlig wie Lycopodia gebaut, aber riesig groß, mit hohen, geraden, oben gabelig verästelten Stämmen (Fig. 1,) deren Ober-



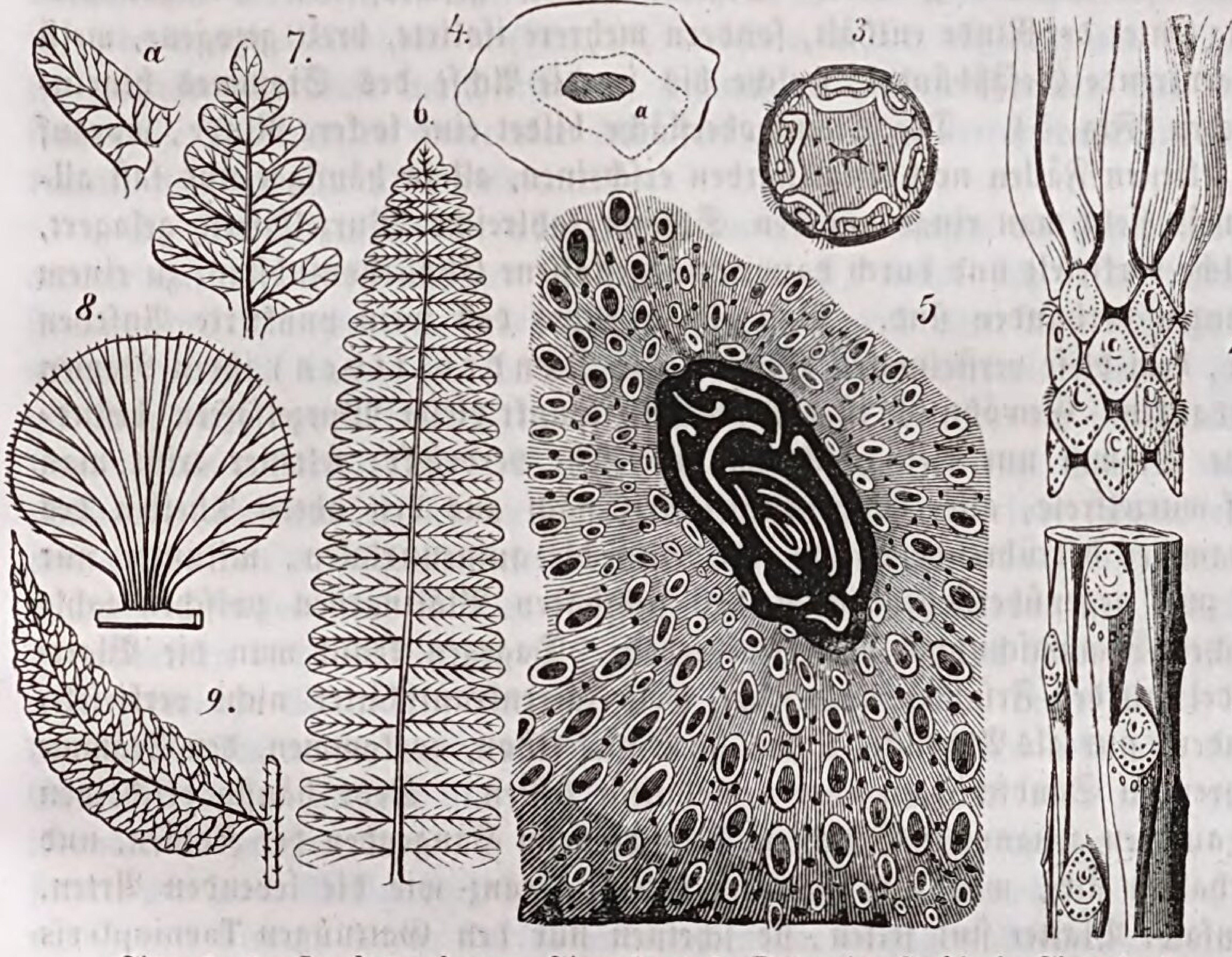
Figur 1—6: Stamm, Blätter und Frucht von Lepidodendris; Figur 7—10: Stigmaria ficoides; Figur 11: Rinde und Blattnarben von Sigillaria Brardii.

fläche dicht bedeckt ist mit länglich-rhombischen Narben (Fig. 6), an denen früher die linienförmigen Blätter saßen und zum Theil noch sitzen (Fig. 2). Auf den Spitzen einzelner Zweige erscheinen Fruchtgruppen, ähnlich denen von Lycopodium, nur größer und mehr zusammengedrängter. Im jüngern Zustande (Fig. 3) bilden sie kolbige, noch mit Blättern besetzte Anschwellungen, woraus später länglich-cylindrische, den Blüthenkolben von Typha im Umriß ähnliche Zapfen sich entwickelten. Das untere Ende eines solchen Zapfens ist in Figur 4 dargestellt; man erkennt die einzelnen Schuppen, aus denen er besteht und die dünne Achse, welche sie trägt, im Mittelpunkte des Zapfens. Zwei einzelne Schuppen, von der Seite gesehen (Fig. 5), zeigen einen feinen Stiel, an dem nach links und rechts flügelartige Fortsätze haften. Das Ende des Stiels erweitert sich in eine rhomboidale, senkrechte, hohle Platte, welche das in der oberen Schuppe fehlende, in der unteren vorhandene, hängende Samenkorn umschließt. — Nahe verwandt mit den Lepidodendren und hauptsächlich durch anatomische Unterschiede

des Stammes von ihnen verschieden, war übrigens die Familie der Sigillarien, gleichfalls mächtige Bäume in sich fassend, deren Stammrinde mit ähnlichen Blattnarben bekleidet ist. Bei der Hauptgattung Sigillaria bilden die Narben ihrer schmalen, fast nadelförmigen, aber ungestielten Blätter ovale oder zum Theil etwas eckige Figuren, deren Ränder scharf erhaben sind und deren Mitte die Spuren dreier abgerissenen Gefäßbündel zeigt (Fig. 11 ein Stück Rinde von Sigill. Brardii in halber natürlicher Größe aus der Wettiner Steinkohle). Die Narben selbst sitzen auf der Höhe gewölbter Polster und stehen in quincunxialen Orthostichen nach dem Zahlengesetz $^1/_2$, mehr oder weniger dicht an einander gedrängt. Bei einer anderen, in allen Steinkohlen häufigen Gattung Stigmaria, deren hier abgebildete Art St. ficoides (Fig. 7 bis 10) zumal den böhmischen Steinkohlen angehört, war die Stammrinde in gleichen Intervallen grubig vertieft und in jeder Grube (9) mit einer kreisrunden, auf der Mitte vom einfachen Gefäßbündel durchbohrten Blattnarbe versehen. An den Narben saßen feine drehrunde, aller Wahrscheinlichkeit nach fleischige Blätter, mit centralem Gefäßbündel und kurzem knopfartigen Stielchen (Fig. 8), welche bisweilen an ihrer Spitze ähnliche, aber kleinere Nebenblättchen (Fig. 7, a) entwickelten. Der dicke, ganz niedrige Stamm war kreisrund, erscheint aber wegen des Druckes, den er erlitt, gewöhnlich elliptisch (Fig. 10), und bestand in der Mitte seines lockeren Zellgewebes aus einer Anzahl bloß von sogenannten Treppengängen gebildeter, ringförmig gestellter Holzbündel, welche kleinere, schief aber fast wagrecht abgehende Bündel für die einzelnen Blätter nach constanten Zwischenräumen aussendeten. Zwei Ringe solcher Blattgefäßbündel sehen wir auf dem mitgetheilten Durchschnitt zwischen dem centralen Holzbündelringe und der äußeren, hier schon entrindeten, Stammoberfläche. Lange, später wagrechte, anfangs steil aufgerichtete, blattreiche, wenig verzweigte Aeste gingen strahlig nach allen Seiten vom Stammende aus und gaben dem ganzen Gewächs ein höchst eigenthümliches, einer kolossalen Seeanemone (Actinia) nicht unähnliches Ansehn. — Alle drei Gewächse gehören übrigens zu den am meisten charakteristischen, der Steinkohlenperiode ausschließlich eigenen Pflanzenformen. Leider kennt man die Früchte der beiden letzteren noch nicht. —

In größerer Zahl, aber geringerer Mannigfaltigkeit, treten neben den caulocarpen kryptogamischen Gefäßpflanzen, deren enorme Entwickelung zur Zeit der Steinkohlenepoche als ein wichtiger vegetabilischer Hauptcharakter für jene Periode der Erde angesprochen werden muß, die phyllocarpen kryptogamischen Gefäßpflanzen oder Farrenkräuter (Filices) auf; zeigen aber keineswegs so eigenthümliche, die Gestalten der Gegenwart weder an Menge noch an Masse hinter sich lassende Formen. Sie bilden zwar immer den größten Theil des vegetabilischen Gehaltes der Steinkohlen, aber erscheinen räumlich wie formlich in vielen, der gegenwärtigen Schöpfung oft so ähnlichen Arten, daß die genaue Fest-

stellung derselben großer Schwierigkeit unterliegt; besonders weil sich die Fruchthaufen auf der untern Blattfläche in der Regel nicht mehr erhalten haben, und gerade von ihnen gegenwärtig die Hauptgattungsmerkmale hergenommen werden. Dadurch ist man genöthigt, auf das Adernetz im Blatt, oder die Vertheilung der Gefäßbündel im Stamm, das meiste Gewicht zu legen, und nach den Eigenthümlichkeiten, welche sie darbieten, die Gattungen zu unterscheiden. In Hinsicht des Stammbaues stellen sich zwei Hauptunterschiede dar, welche den Stammformen der heutigen Cyatheen und Marattiaceen entsprechen. Der Stamm von Cyathea arborea



Figur 1—3: Cyathea arborea; Figur 4 und 5: Psaronius Gutbieri; Figur 6—9: Verschiedene Farrenblattformen.

(Fig. 1 bis 3), eines auf den westindischen Inseln einheimischen baumartigen Farrenkrautes, erreicht 15—20 Fuß Höhe, wird über armsdick und ist gleichmäßig drehrund gestaltet. Auf seiner Oberfläche sieht man die länglich rautenförmigen Blattnarben, worin sich die abgerissenen Gefäßbündel als Punktreihen verrathen, und dazwischen die faserig rauhe Oberfläche der Rinde. Oben (Fig. 1), an dem jüngern Theile, stehen die Blattnarben dicht neben einander, und die dicken, starken Blattstiele gehen von den allerjüngsten Trieben aus; unten (Fig. 2), wo der Stamm durch Nachwuchs länger wird, rücken die Blattnarben allmälig weiter auseinander und senden lange Schwielen, als ehemaliges Blattpolster, am Stamm abwärts. Im Durchschnitt (Fig. 3) erscheint dicht unter der Rinde ein lückenhafter

Gefäßbündelring, welcher an der jedesmaligen Lücke seine Stränge in die Blattstiele abgiebt, und weiterhin nimmt ein ziemlich lockeres Zellgewebe die ganze Mitte des Stammes ein. In ähnlicher Art sind viele fossile Stämme der Steinkohlen, welche als Caulopteris oder Protopteris unterschieden werden, gebildet, selbst einige früher zu Sigillaria gezogene Stämme gehören hierher. Häufiger, wenn auch nicht gerade in der Steinkohlenepoche, sondern vielmehr nach ihr, während der Bildung des Rothliegenden, waren die Marattiaceen; denn zu ihnen gehören die lange Zeit so räthselhaften, viel besprochenen Staarsteine (Psaronius). Es sind verkieselte Farrenkrautstämme[3]), deren Stamm keinen geschlossenen Gefäßbündelring unter der Rinde enthält, sondern mehrere isolirte, breit gezogene, meist alternirende Gefäßbündel, welche bis in die Achse des Stammes hineinreichen (Fig. 5). Die Stammoberfläche bildet eine lockere Rinde, worauf in seltenen Fällen noch Blattnarben erscheinen, allein häufiger und fast allgemein sieht man rings um den Stamm zahlreiche Wurzelfasern gelagert, welche verkieselt und durch dazwischen geflossene Chalcedonsubstanz zu einem Ganzen verbunden sind. Von ihnen rührt das weiß punktirte Ansehen her, dem diese versteinerten Hölzer (oder Dendrolithen) ihren Namen verdanken. Gewöhnlich ist der im Mittelpunkt vieler Wurzelfasern befindliche Stamm nur klein, schwach und sehr verdrückt; seltener trifft man auf wurzelfreie, aller Wahrscheinlichkeit nach aus den obern Theilen des Stammes herrührende Stücke, an denen die quincunxialen, mitunter nur in zwei gegenüberstehenden Reihen sichtbaren Blattnarben zwischen zahlreichen Stammschuppen bemerkt werden. Dagegen kennt man die Blattwedel mit den Früchten noch nicht, weil Farrenkrautblätter nicht verkieselt, sondern nur als Abdrücke, zumal im Schieferthon, vorkommen, den Stämme führenden Sandschichten aber gewöhnlich fehlen. Sehr häufig erscheinen sie auf den genannten Schichten, besonders im Hangenden der Kohlen, und verhalten sich, was ihre Formen betrifft, ganz wie die lebenden Arten. Einfache Blätter sind selten, sie scheinen nur den Gattungen Taeniopteris und Glossopteris eigen zu sein; die gefiederten Blätter herrschten also schon damals eben so vor, wie noch jetzt. Ihre Gruppirung geht vom Ader- oder Gefäßbündel-Verlauf aus. Bei Pecopteris (Fig. 6), der Gattung mit den meisten Arten (man kennt gegen 80), findet sich ein Hauptnerv in der Blattmitte, von dem her zu jedem Nebenblatte oder Läppchen ein Mittelast sich begiebt, der daselbst einfache oder gabelig getheilte Aeste nach beiden Seiten abschickt. Dabei ist die Blattgrundform einfach gefiedert oder fiederspaltig. Sphenopteris hat vielfach gelappte, divergirende Wedel, mit

3) Figur 4 stellt den sehr verkleinerten Durchschnitt des Stammes von Psaronius Gutbieri aus dem Zwickauer Steinkohlenrevier vor. Der dunkle Raum in der Mitte ist der eigentliche Stamm. Das punktirte Feldchen a steht darunter (Fig. 5) in natürlicher Größe; man sieht den Stamm mit seinen Gefäßbündeln und rings um ihn die durchschnittenen Wurzelfasern.

einfachen oder gabeligen Adern in jedem Lappen. Bei Neuropteris (Fig. 7) vertheilen sich die Adern des gefiederten Blattes mehrmals gabelig durch die Seitenflächen der Blattsubstanz und bei Odontopteris gehen sie in jedem Läppchen nicht von einem besonderen Mittelnerven aus, sondern entspringen an mehreren Punkten seiner Basis. Geschieht diese Vertheilung fächerartig von e i n e m Punkte der Basis her, so entstehen verschiedene Gattungen, je nachdem die Blättchen einfach aber gestielt (Cyclopteris), oder einfach und ungestielt (Hymenopteris, Fig. 8), oder tief gelappt sind (Schizopteris). Alle drei Gattungen und die vorigen haben unverbundene, einzeln bis zum Blattrande verlaufende Adern; bei mehreren, wie Lonchopteris, Clathropteris und Phlebopteris (Fig. 9), verästeln in sich netzartig und stoßen im weiteren Verlaufe maschenförmig zusammen. Diese Formen sind die seltensten. Im Ganzen kennt man übrigens gegen 300 verschiedene Farrenkräuter aus der Steinkohlenformation.

So überaus zahlreich, wie nach diesen Mittheilungen die Gruppe der acotyledonischen Gefäßpflanzen gewesen sein muß, findet sich keine zweite Familie des Pflanzenreiches weder hier, noch in irgend einer andern Periode wieder; überall nimmt in späteren Zeiträumen die Vegetation einen gemischten, und was ihre einzelnen Repräsentanten betrifft, einen höheren Entwickelungscharakter an. Wir kennen freilich noch einzelne Spuren von palmenartigen Gewächsen, welche wahrscheinlich dieser Periode angehören, und vermuthen dasselbe von einigen Nadelhölzern (z. B. Araucariae), deren Stämme (Pinites) und Blätter (Cupressites) man aufgefunden hat, allein sie erscheinen mehr in den obern Schichten der Gruppe, und sind in keinem Fall zahlreiche Mitglieder derjenigen Vegetation gewesen, deren Reste in den Kohlenstraten sich begraben finden. Nach ihnen dürfen wir also den Charakter dieser Periode nicht feststellen. Sehen wir uns aber nach den lebenden Repräsentanten der gewöhnlichsten Steinkohlenpflanzen um, so finden wir zwar Bärlappgewächse und Farrenkräuter gegenwärtig in unseren Zonen wieder, allein nur in unbedeutenden winzigen Formen, welche sich mit den Riesen der Vorwelt nicht messen können. Und doch giebt es noch jetzt, wenigstens annäherungsweise, ähnliche Repräsentanten zwischen den Tropen. Hier erlangen diese Pflanzen einen baumartigen Wuchs, worin sie der gemäßigten Zone fremd sind, stehen aber vereinzelt, nicht in dichten Gruppen zu Waldungen vereint. Besonders sind es die Küstengegenden, die Ufer der Ströme, Gebirgsbachränder und Inseln, welche von ihnen bewohnt werden; namentlich auf den letzteren gedeihen sie am besten. Drückt man die relativen Mengen von Pflanzen der verschiedenen Familien einer gewissen Gegend durch Zahlen aus, um dadurch den Antheil zu bestimmen, welchen jede einzelne Familie an dem Vegetationscharakter dieser Gegend nimmt, so findet sich z. B. als Verhältniß der Farrenkräuter unserer Gegenden zu den Pflanzen mit deutlichen Blumen (Phanerogamen) 1 : 40. Dies Verhältniß steigert sich in den Tropen des südlichen Asiens zu $^1/_{26}$,

auf dem Continente von Amerika zu $1/_{20}$, auf den Antillen schon zu $1/_{10}$, auf den einzelnen Inseln der Südsee zu $1/_4$ bis $1/_3$, und auf den noch isolirter liegenden Inseln St. Helena und Tristan d'Acunha gar zu $2/_3$. Hieraus wie aus den übrigen Vorkommnissen der acotyledonischen Gefäßpflanzen in gegenwärtiger Zeit, haben die Botaniker gefolgert, daß die Entwickelung dieser Gewächse eines Theils von sehr hohen mittleren Temperaturen 4), wie anderen Theils von einer sehr feuchten Atmosphäre abhängig ist, und für die Beschaffenheit der Erde zu einer Zeit, als baumartige Equiseten, Lycopodien und Filices in Menge auf ihr gediehen, jene Eigenschaften als Hauptcharaktere derselben davon abgeleitet. Wir können diesen Annahmen vom geologischen Standpunkte nur beistimmen, wie die früheren Betrachtungen zur Genüge ausweisen, und den äußeren formellen Charakter unseres Planeten zu jener Zeit nicht besser darstellen, als wenn wir ihn mit einer Inselwelt vergleichen, die aus zahlreichen flachen bewaldeten Eilanden bestand und überall einer hohen gleichmäßigen Temperatur ausgesetzt war. Diese Temperatur scheint selbst höher als die jetzige zwischen den Tropen gewesen zu sein, das vermuthen wir wegen der riesenhaften Größe, welche wir an den Stämmen der verschütteten Waldflächen bewundern; das schließen wir ferner aus der Schnelligkeit, mit welcher die vom Erdreich bedeckten überflutheten Wälder sich aufs Neue bildeten; und folgern es endlich aus dem ungeheuren Reichthum verschiedener gleichzeitiger Farren. Das Resultat, welches wir früher vorwegnehmend als Charakter der Erde in der ältesten Zeit nach Entstehung der Organisation ankündigten (S. 314), hat sich uns jetzt durch die Untersuchung ihrer Vegetationsverhältnisse erfahrungsgemäß ergeben, und uns gewiß wieder überzeugt, daß eine von so vielfachen Seiten her unterstützte Ansicht der Wahrheit nahe kommen müsse. Wir wollen hierbei noch auf die Bedürfnisse der vegetabilischen Organisation aufmerksam machen und wiederholen, daß alle organisirte, in Zellen und Membranen verwandelte Pflanzenmaterie aus Kohle und Wasser ihren Grundlagen nach bestehe, und daß diese Stoffe theils durch die Wurzeln als kohlensäurehaltiges Wasser, theils durch die Blätter als kohlensaures Gas aus der Luft aufgenommen werden. Eine sehr üppige und kräftige Vegetation ist daher nicht bloß an eine feuchte, sondern auch an eine Kohlensäure in Ueberfluß darbietende Atmosphäre gebunden, und eine solche dürfen wir in jener Zeit, nach früheren Mittheilungen (S. 139), unbedingt voraussetzen. Dieselbe Beschaffenheit der Atmosphäre wird aber den Luft athmenden Thieren höchst nachtheilig, und um so mehr, je entwickelter ihr Respirationsproceß ist; woraus sich denn der

---

4) Die mittlere Temperatur der Orte, wo heutiges Tages baumartige Farrenkräuter und besonders die Marattiaceen wachsen, schwankt zwischen 15,2 Reaum. (Kapland) und 23,2 Reaum. (Maracaibo); mindestens dieselbe Mitteltemperatur herrschte also zur Zeit der Steinkohlenbildung in unseren Gegenden.

Mangel von höher organisirten, warmblütigen Landthieren mit intensivem Respirationsgeschäft dazumal sehr bald erklärt. Nur Amphibien mochten in einer solchen Atmosphäre gedeihen können; Vögel und Säugethiere aber nicht. Für die im Wasser lebenden und niederen Thiere war die Einwirkung jener Atmosphäre minder schädlich; eines Theils weil bei ihnen, als Organismen unvollkommener Art, die Respiration keine so bedeutende Rolle spielt, andern Theils die Kohlensäure im Wasser selbst weniger von ihnen empfunden wird, als wenn sie mit der Luft in die Respirationsorgane eindringt. Endlich mochten diese Geschöpfe erst entstanden sein, als durch große Massen von Vegetabilien die Atmosphäre mehr gereinigt war; denn die Entstehung derselben vor aller Vegetation ist schon deshalb unmöglich, weil die Thiere der Vegetabilien zu ihrer Existenz bedürfen und keine organische Materie unmittelbar aus den Elementen bilden können, wie die Pflanzen. Fressen also gleich viele Thiere andere Thiere, so fressen doch diese zuletzt immer Pflanzen, und das Thier, als Begriff aufgefaßt, nimmt nichts in seine Substanz auf, was nicht schon in irgend einer Form als organische Materie existirt hat. Daher kann auch in der ältesten Schöpfungsperiode kein thierischer Organismus vor vegetabilischen gelebt haben, wenn es gleich denkbar ist, daß beide in kurzen Pausen nach einander entstanden und schon sehr früh neben einander lebten.

Das thierische Leben selbst zeigt übrigens während dieser ältesten Periode keinen so gleichartigen Charakter, sondern ändert sich mehr, als das Pflanzenreich, mit den auf einander folgenden Schichten. In den untersten Straten, den Gliedern der Grauwackenformation, herrschen die Polypen, Radiaten und Mollusken vor, indeß erscheinen auch hier schon sehr zahlreich krebsartige Thiere, aber sehr selten Fische, als erste Repräsentanten der Rückgratthiere. In den eigentlichen Kohlenschichten nehmen die Radiaten, und zwar die Crinoideen, welche allein in dieser Formation auftreten, an Mannigfaltigkeit zu; desgleichen die Cephalopoden unter den Mollusken; dagegen werden die krebsartigen Thiere minder zahlreich, während sich die ersten Landgliederthiere, nämlich Scorpione und Insekten einstellen, aber auch die Fische sich mehren. Letztere erreichen endlich in der Zechsteingruppe, und besonders im Kupferschiefer, ihr Maximum, und neben ihnen erscheinen schon seit der Kohlenbildung Amphibien, als erste landbewohnende Rückgratthiere. Dies ist die Entwickelungsrichtung, welche das Thierreich in der ältesten Periode der Organisation verfolgt. —

Untersuchen wir die hierher gehörigen Formen mehr im Einzelnen, so erkennen wir bald eine völlige Umkehrung der numerischen Verhältnisse zwischen den damaligen Geschöpfen und ihren jetzt lebenden Repräsentanten. Bei den Polypen, wo die Einfachheit des Grundtypus keine so große Differenz zuläßt, ist das weniger augenfällig, als besonders bei den Crinoideen und Cephalopoden. Sämmtliche Arten dieser Gruppen gehören Familien an, die entweder in der Gegenwart ganz fehlen, oder bloß

durch eine einzige lebende Form vertreten werden. Ganz ebenso, oder eigentlich noch greller different, erscheinen die Krebse und Fische; denn von ihren ältesten Repräsentanten, den Trilobiten, giebt es heutiges Tages nur annäherungsweise ähnliche Formen, und die eckschuppigen Knochenfische (Ganoides) fehlen bis auf zwei Gattungen: Polypterus und Lepidosteus, der Gegenwart ganz. Endlich erscheinen noch einige Gestalten, die sich aus lebenden Formen gar nicht ableiten lassen, und ganz unklar bleiben.

Infusorien und nackte Polypen ohne kalkige Achse oder Rinde konnten natürlich, bei der Weichheit ihres Körpers, keine Spuren ihrer Existenz hinterlassen; was wir von der letzteren Klasse kennen, gehört zur Gruppe der Lithophyten mit kalkiger Achse, oder zu den Korallinen mit kalkiger Rinde, und stellt in beiden Familien die zwei Hauptgruppen lebender Polypen dar, welche wir früher als Moosthiere und Blumenthiere (S. 327) unterschieden haben. Besonders herrschen die Lithophyten vor, wenn auch nicht gerade in Hinsicht auf die Zahl der Arten, doch sicher als Masse; sie bilden oft ganze Bänke im Uebergangs- und Bergkalke, deren Vertheilung gegenwärtigen Verhältnissen durchaus analog ist. Selbst heutige Gattungen, wie Cyathophyllum, Madrepora, Cellepora und Aulopora, finden sich hier, und neben ihnen Formen, welche, wie Amplexus und Petraria, den lebenden Arten der Gattung Cyathina sehr nahe kommen. Indeß fehlt es auch nicht an eigenthümlichen, nur dieser Periode angehörigen Polypen; und als solche lassen sich die Gattungen Columnaria, Favosites, Halysites, Calamopora und Syringopora aufführen. Ob die sonderbare Gestalt, welche als Prionotus oder Graptolithus (Fig. 1) von den Naturforschern aufgeführt und ausschließlich in den mittleren Schichten der Silurischen Abtheilung gefunden wird, zu den Polypen, oder zu den Cephalopoden gehöre, war lange Zeit unentschieden. Sie erscheint als ein dünnes schmales, einseitig oder beiderseits gezähntes Sägeblatt, dessen Zähne, genauer untersucht, hohle Zellen bilden, darin ihre Polypennatur unzweifelhaft verrathend; wie das Barrande ausführlich nachgewiesen und ihre systematische Stellung, durch weitere Vergleichung mit den lebenden Virgularien, festgestellt hat. —

Die Radiaten erscheinen in der ganzen Periode vom Anfange der Organisation bis zum Zechstein vorzüglich als Crinoideen (S. 330), und entwickeln während dieses Zeitraumes, obgleich auf gewisse Modificationen ihrer Bildung beschränkt, eine überaus große, nirgends in späterer Zeit wieder so reiche Mannigfaltigkeit. Ueberblicken wir einleitungsweise alle bekannten Typen, die lebenden mit eingeschlossen, nach ihren Hauptunterschieden, so ergiebt sich, daß der becherförmige Körper der Crinoideen entweder ganz aus nebeneinander liegenden, durch ihre schmalen Ränder verbundenen Tafeln, sogenannte Asseln, zusammengesetzt ist; oder aus kurzen, dicken, mit breiten Flächen auf einander ruhenden Platten (radialia)

besteht, deren Zwischenräume von einem weicheren verkalkten Perisom ausgefüllt werden. Erstere nennt man getäfelte Crinoideen (Crinoidea tessellata), letztere gegliederte (Cr. articulata). Sämmtliche Crinoideen der ältesten Erdperiode sind getäfelte, kein einziger gegliederter findet sich tiefer als im Muschelkalk; dagegen reichen die getäfelten mit Stiel nicht höher hinauf, als bis zum Zechstein, und verschwinden seit der Zeit gänzlich von der Erdoberfläche, während die gegliederten bis zur Gegenwart sich erhalten haben. An die Stelle der getäfelten Crinoideen treten in den späteren Perioden der Erde die ebenfalls getäfelten Echinoideen, obgleich deren erstes Erscheinen schon bis in die Zeit der Steinkohlen hinabreicht, und ein sonderbarer Vorläufer, ein gestielter, mit kurzen Ranken neben scheinbaren Ambulakren (S. 331) versehener Haarstern (Pentatremites), ihren Typus in einer noch älteren Formation andeutet, während ein ungestielter getäfelter Haarstern (Marsupites) in der Kreide wiederkehrt. Merkwürdig bleibt es übrigens, daß die getäfelten Crinoideen, so lange noch Echinoideen neben ihnen fehlen, in zwei sehr natürliche Unterabtheilungen, in die armlosen und gearmten zerfallen, seit dem Erscheinen der stets armlosen Echinoideen aber die armlosen Crinoideen verschwinden und fortan von den armlosen Echinoideen vertreten werden. Jene armlosen Crinoideen wären also die ersten Vorbilder der Echinoideen; sie mögen, als die eigenthümlichsten aller Radiaten, uns zuvörderst beschäftigen.

Man muß zwei Gruppen armloser Crinoideen annehmen: die Cystideen und die Blastoideen. — Cystideen, deren Zahl nicht groß ist, kennt man nur aus Grauwackengliedern Schwedens und Rußlands. Es sind gestielte Crinoideen ohne Arme, mit mehr oder weniger kugelförmigem Körper, der von einer Menge polyedrischer Täfelchen gebildet wird und dazwischen drei Oeffnungen frei läßt. Die eine liegt stets im Mittelpunkt der Oberseite, dem Stiele gegenüber, und ist der Mund; die andere, der After, liegt nicht weit davon, excentrisch und fehlt bisweilen; die dritte liegt dem Umfange näher, doch nicht unter der Mitte, fehlt nie und hat häufig fünf besondere, zu einer Pyramide vereinte dreiseitige Täfelchen, welche sie bedecken, selbst aber an ihren Spitzen durchbohrt sind; das werden die Genitalienöffnungen sein. Von den fünf Gattungen, die L. v. Buch in seiner schönen Bearbeitung der Cystideen annimmt [5], zeigt Sphaeronites die reinste Kugelform und die meisten, eben deshalb sehr kleinen Asseln, nebst allen drei Körperöffnungen. Caryocystites, Hemicosmites und Cryptocrinites haben eine ähnliche Gestalt, aber viel größere Asseln, die bei Caryocystites an den Nähten quer gestreift, bei Hemicosmites mit Warzenreihen besetzt, bei Cryptocrinites glatt, vielleicht aber nur abgerieben sind.

5) Abhandl. der königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin aus dem Jahre 1844. Physikalische Klasse. 4.

Letztere als die einfachste Form, habe ich abgebildet (Fig. 2); man sieht das Thier von der Seite (a), von oben (b) und von unten (c), bemerkt die seitliche fünfklappige Genitalienöffnung, den After am Rande und den Mund in der Mitte des von zahlreichen kleinen Asseln umgebenen Mund-

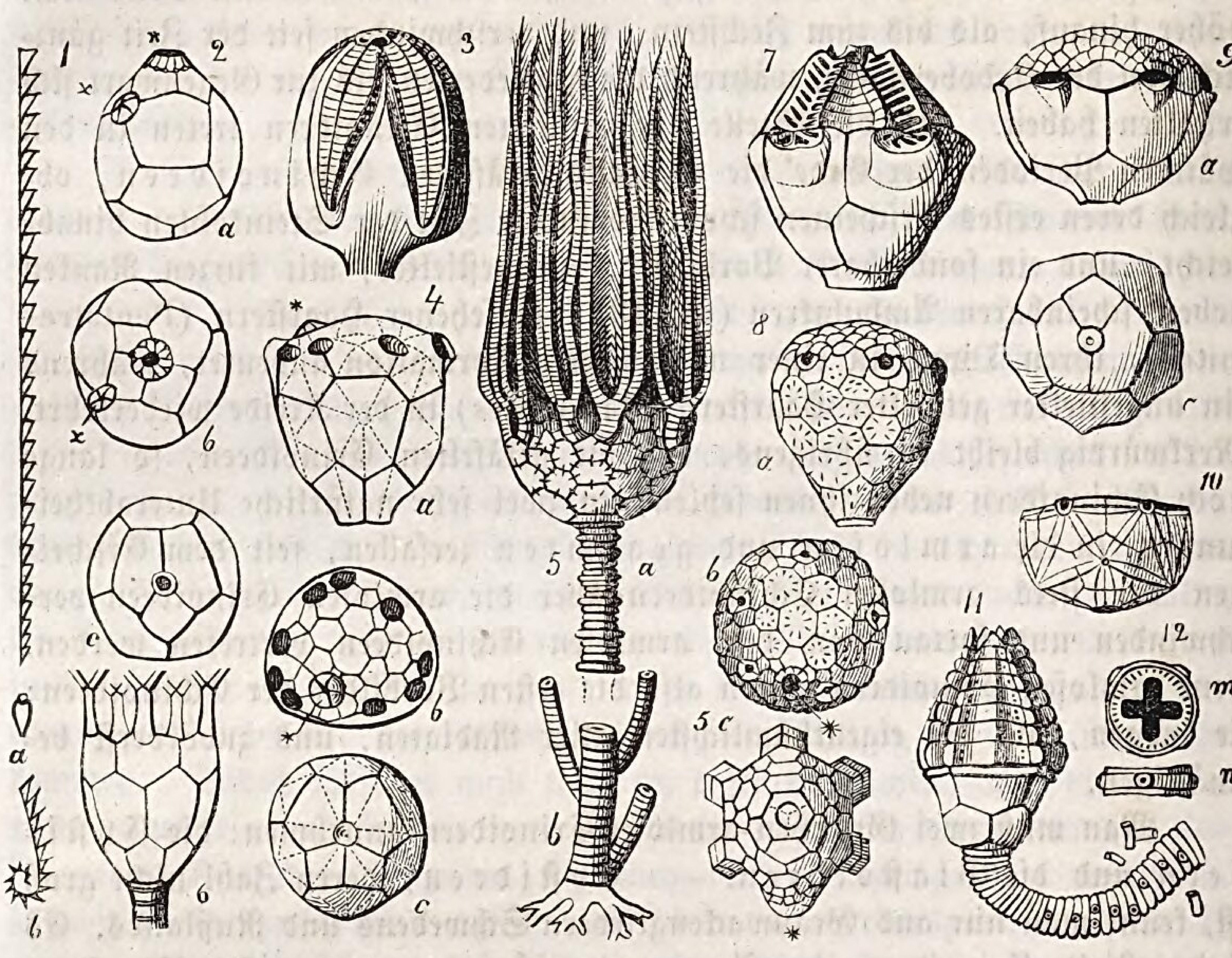


Fig. 1. Graptolithus Priodon, a. im Querschnitt; b. Gr. involutus, junges Individuum. — 2. Cryptocrinites cerasus aus Rußland, a. von der Seite gesehen, b. von oben, c. von unten, *Mund, x. Genitalienöffnung. — 3. Pentatremites ovalis aus der Eifel. — 4. Caryocrinus ornatus aus Nordamerika, in drei Ansichten, a, b, c. — 5. Actinocrinus triacontadactylus aus England, a. Kelch und Arme mit dem Anfang des Stieles, b. Basis des Stieles mit drei Aesten; c. Kelch von Actinocrinus amphora von unten gesehen mit dem Mundfortsatz*. — 6. Poteriocrinus tenuis aus England. — 7. Haplocrinus mespiliformis aus der Eifel. — 8. Melocrinus hieroglyphicus, eben daher, a. von der Seite, b. von oben. — 9. Platycrinus depressus, eben daher, a. von der Seite, c. von unten. — 10. Cyathocrinus geometricus, eben daher. — 11. Cupressocrinus crassus, eben daher. — 12. Ein Trochit des Stieles eben dieser Art, m. von der Fläche, n. vom Rande gesehen, mit den Basalgelenken für vier Ranken. Einzelne Rankenglieder liegen neben dem Stiel bei Figur 11.

rohrs, dem gegenüber sich der Stiel an die drei basalen Asseln (c) anheftete. Im Ganzen sind 15 Platten, die in vier Reihen von unten nach oben neben einander liegen, bemerkbar. Die Gattung Sycocystites (s. Echinosphaerites) ist nicht mehr kugelig oder regulär kolbig gestaltet, wie Caryocystites bisweilen, sondern unregelmäßig knollig: wegen der selbstständig gewölbten, in radialen Reihen quergestreiften Asseln; auch fehlt ihr ein äußerlich sichtbarer After, während der Mund eine Sternform zeigt. Sie wäre wohl die sonderbarste Form unter allen Crinoideen, wenn nicht Pentatremites (Fig. 3), der am besten bekannte Blastoide, ihre Son-

derbarkeit noch überböte. Ein drehrunder, in der Mitte hohler Stiel trägt einen tulpenförmigen Kelch, dessen Basis aus drei Platten wie bei Cryptocrinites besteht. Daran schließt sich eine doppelte Reihe von Tafeln, die fünf längliche Lücken zwischen sich lassen, um den fünf, mit je zwei Rankenreihen besetzten, Ambulakral-Plattenreihen Raum zu geben. Die Ranken stehen auf kleinen Plättchen am erhabenen Seitenrande der Ambulakra über Poren, sind durch Querfurchen verbunden und letztere von einer Längsfurche nochmals hälftig getheilt. Im Mittelpunkt der Ambulakra liegt oben auf dem Scheitel der fünfstrahlige Mund, neben dem noch fünf runde Löcher, wahrscheinlich Genitalienöffnungen, und ein excentrischer After sichtbar werden. Man kennt von dieser eigenthümlichen, die formellen Charaktere der Crinoideen und Echinoideen in sich vereinenden Gattung mehrere Arten aus dem Uebergangs- und Kohlengebirge Europas wie Nordamerikas. — Die gearmten Crinoideen mit getäfeltem Kelch stehen auf langen, gewöhnlich runden, seltener fünfkantigen, etwas dickeren Stielen, und beginnen, gleich den vorigen, unmittelbar über dem Stiel mit drei, vier oder fünf Basalplatten (basalia), welche man das Becken (pelvis) des Kelches genannt hat. Daran stoßen gewöhnlich fünf oder sechs größere Platten (parabasalia), denen in der Regel noch eine oder mehrere, die Arme tragende Tafelreihen (radialia) folgen. Der Mund (*) liegt meistens dem Becken gegenüber im Mittelpunkt der Oberfläche; bisweilen (z. B. bei Actinocrinus, Fig. 5, c, und Melocrinus, Fig. 8) ist er auf die Seite geschoben, rückt aber nie unter die Arme hinab. Auch der After ist in der Nähe des Mundes zu suchen, wenn nicht gar in den Mundrand mit aufgenommen, also äußerlich unsichtbar; aber die Genitalienöffnung fehlt allen gearmten Crinoideen am Kelch, weil ihre Geschlechtsorgane an den Armen und nicht in der Rumpfhöhle sich befinden. Die Arme sind wie der Stiel gebaut, d. h. aus Kalkstücken, die eine weiche elastische Zwischenlage verbindet, zusammengesetzt. Ihre Oberfläche ist an beiden Seiten mit feinen gegliederten Aesten, sogenannten Ranken, federförmig bekleidet, und ihre Achse gewöhnlich ein- oder mehrmals gabelig getheilt. Im Innern haben sie eine Höhle, die excentrisch verläuft und der oberen oder Mundseite näher liegt; sie leitet in den Kelch und eben dahin mündet die centrale Höhle des Stieles, wovon wir in vielen Fällen wenigstens den Abdruck kennen, wenn die Kalksubstanz selbst schon verwitterte. Daraus entstehen die bekannten, in fast allen Grauwackenschichten so häufigen Schraubensteine (von Cyathocrinus pinnatus), während einzelne abgelöste Glieder des Stiels (Figur 12), durch ihre regulären Artikulationsflächen geprägten Münzen nicht unähnlich erscheinend, die Trochiten oder Bonifacius-Pfennige liefern. — Will man die zahlreichen Gattungen getäfelter Crinoideen aus dieser Periode überblicken, so muß man auf die Bildung des Kelches das Hauptgewicht legen, weil er am besten erhalten ist, Stiele und Arme aber den meisten

Exemplaren fehlen. Hier bietet sich als Hauptunterschied die Zusammensetzung des Beckens zu einer sechsseitigen Fläche oder zu einer fünfseitigen dar. An ein sechsseitiges Becken setzen sich natürlich sechs Parabasen, an ein fünfseitiges fünf. Nur bei einer einzigen Gattung, dem merkwürdigen Caryocrinus ornatus (Fig. 4), tragen die sechs mit den gleich zahlreichen Parabasen alternirenden Radialen oder Armträger sechs Arme, nämlich drei einfache und drei paarige, die mit den einfachen wechseln (4. c); bei der ebenfalls mit sechs Parabasen versehenen Gattung Actinocrinus (5. c) setzen sich an fünf derselben Armträgertafeln (radialia), die sechste Parabase trägt sofort zwei andere Platten und stützt darauf das excentrisch gelegene kegelförmige Mundrohr. — Unter den Gattungen mit fünfseitigem Becken findet sich eine: Platycrinus (9. a, c), deren Parabasen unmittelbar die Arme tragen; bei allen übrigen reihen sich an die Parabasen ein oder mehrere Radiale an. Bei Cyathocrinus (10), Poteriocrinus (6), Haplocrinus (7) und Cupressocrinus (11) folgt den Parabasen nur ein Radiale für jeden Arm; Melocrinus hat, wie Actinocrinus, zwei Radiale, von denen das obere sich zuspitzt und zwei schiefe Endflächen für die Anheftung der Basalplatten des Armes bildet. Eben diese Gattung zeigt wieder einen peripherischen Mund (8. b, *), die anderen haben ihn central. In der Regel erscheint die Decke ihres Kelches fein getäfelt, weil die Arme nur dünn sind, und die ganze Ventralseite des Kelches frei lassen; aber bei Haplocrinus (7) waren sie stark, nach innen verdickt und erstreckten sich über die Kelchdecke fort bis zum Mundrande. Cupressocrinus (11) hatte sehr kurze, breite, länglich dreiseitige Arme, welche mit ihrer breiten Basis die ganze Breite eines Radiale einnehmen, während bei den übrigen Gattungen die Arme sehr dünn sein mußten, weil nur die Randmitte jedes Radiale eine kleine Gelenkfläche für die Armbasis besitzt. Eben deshalb sind an allen diesen Gattungen die Arme stets abgebrochen, selbst bei Actinocrinus triacontadactylus (5. a), welcher hier zu seiner wahren Form ergänzt wurde. Der sonderbare Charakter, daß sich die Arme zuerst gabeln und dann jeder von den 10 Aesten sofort in drei gleiche Zweige sich spaltet, zeichnet die Art vorzüglich aus. In anderer Weise ist der vierkantige, mit vier Rankenreihen besetzte Stiel von Cupressocrinus crassus (12. a, b) eine Seltenheit; denn die meisten Crinoideen dieser Periode haben runde Stiele und keine Ranken daran; erst in dem folgenden Zeitraum treten kantige, mit Ranken besetzte Stiele allgemeiner auf. Ihr Maximum erreichen übrigens die Crinoideen der primären Epoche im Bergkalk, woselbst sie bis auf 75 Arten anwachsen; 59 Species kennt man aus Devonischen, 42 aus Silurischen Schichten. Zehn Devonische Arten sind zugleich im Bergkalk beobachtet worden, aber nur eine Devonische Species in der Silurischen Formation. Durchschnittlich entspricht also die Artenzunahme der drei ältesten Versteinerungen führenden Sedimente den Zahlen 4, 5 und 7. —

Die Mollusken finden sich zu derselben Zeit durch Brachiopoden und tentaculifere Cephalopoden zahlreich vertreten, dagegen verhältnißmäßig wenig Muscheln und Schnecken; die beiden anderen Hauptabtheilungen (S. 333 u. 335) fehlen, wahrscheinlich wegen ihrer weichen Körperbeschaffenheit, gänzlich. Von Muscheln giebt es im Ganzen mehr Repräsentanten, als von Schnecken, und unter ihnen theils Gattungen, welche, wie Megalodon (1) und Pterinea (2), vorzüglich der Grauwackenformation, oder, wie Cardinia und Cardiomorpha, nur den Steinkohlen angehören; theils später noch vorhandene, der Gegenwart aber fehlende Gattungen, wie Inoceramus und Posidonia oder Posidonomyia (3). Viele Genera und namentlich mit einem Schließmuskel begabte Monomyarier, sind bis zur Gegenwart geblieben, dann aber in der ältesten Zeit nur sparsam vertreten. Die Muscheln im Kohlenschiefer, welche man früher zu Unio zog, und für Süßwasserbewohner hält, werden jetzt als Gattung Cardinia (9) abgesondert; die des Kohlenkalkes bilden die Gattung Cardiomorpha (10). Wir liefern ihre Abbildungen, ohne auf die zeitraubende Beschreibung derselben und der anderen, abgebildeten, für diese Epoche charakteristischen Formen weiter einzugehen.

Die Schnecken der ältesten Zeit sind größtentheils Phytophagen (S. 336), allein durchaus nicht wesentlicher, als die Muscheln, von den



Fig. 1. Megalodon cucullatus, a. von vorn, b. rechte Schaale von innen. 2. Pterinea laevis, rechte Schaale von innen. 3. Posidonia Becheri. 4. a. Euomphalus Verneuillii, b. Durchschnitt desselben. 5. Pleurotomaria fasciata. 6. Murchisonia angulata. 7. Catantostoma clathrata. 8. Macrocheilus arculatus. 9. Cardinia carbonaria. 10. Cardiomorpha telliniana.

lebenden verschieden. Die Formanlage der heutigen Typen ist schon damals vorhanden gewesen, wie das Auftreten der Gattungen Dentalium, Chiton, Patella, Capulus, Natica und Nerita deutlich zeigt; aber eigenthümliche, der Gegenwart mangelnde Gestalten mit auffallend flach gewundenen Schaalen, wie Euomphalus (4) und Schizostoma, überzeugen uns durch die Menge ihrer Arten von anderen Zuständen. In Silurischen Schichten kommen sie, der größeren Armuth derselben an Organismen überhaupt entsprechend, noch sparsamer vor; in den Devonischen mehrt sich ihre Zahl und im Bergkalk erreichen sie ihre größte Mannigfaltigkeit. Eben daselbst ist die steiler gewundene Gattung Pleurotomaria (5) neben der noch spitzeren Murchisonia (6) und der anomal gewundenen Catantostoma (7) zu treffen, in jetzigen Meeren aber von allen dreien keine Spur mehr zu finden. Dagegen vertritt Macrocheilus (8) die Stelle der heutigen Gattung Buccinum, und unterscheidet sich von ihr durch eine weitere, mehr gerundete Form der Schaalenmündung. Als eine nackte Meerschnecke aus der ältesten Zeit wird die sonderbare Form des Pleurodictyum angesehen.

Von größter Wichtigkeit für die Bestimmung des zoologischen Charakters dieser Periode ist ihr ungemeiner Reichthum an Brachiopoden. In keinem anderen Zeitraum der Erde hat diese Gruppe der Mollusken so viele verschiedene Gattungen hervorgebracht, als in der primären Epoche. Neben noch jetzt vorhandenen, aber freilich nur sparsam vertretenen Formen, wie Terebratula, Lingula, Orbicula und Crania, erscheinen andere, der heutigen Zeit völlig fremde Gestalten, wie Calceola, Spirifer, Orthis und Productus, von denen einige nur ganz bestimmten Schichten, z. B. Calceola den Devonischen, oder Productus dem Kohlengebirge, zumal dem Bergkalk, angehören; während andere, wie Spirifer und Orthis, durch mehrere Glieder hindurchgehen. Letztere nehmen gewöhnlich an Artenzahl mit der Reihenfolge der Formationen ab; die den jüngeren Formationen gebliebenen Formen dagegen, wie Terebratula und Crania, vermehren sich in ihnen sichtbar, und erreichen ihr Maximum theils in Juragebilden, theils erst in der Kreide. Für die gegenwärtige Zeit läßt sich das von keiner einzigen Gattung behaupten, alle lebenden Brachiopoden sind arm an Arten. — Wollen wir in ihre generellen Unterschiede näher eingehen, so wird es zweckmäßig sein, unsere Betrachtung auf die Schaalen zu beschränken, weil der Bau des Thieres nur an einigen lebenden studirt werden kann. Gewöhnlich sind beide Schaalen, deren allgemeine Charaktere schon früher (S. 333) besprochen wurden, ungleich gestaltete, d. h. die eine, in normaler Stellung obere ist stärker gewölbt als die andere, untere. Davon macht nur die geologisch in so fern interessante Gattung Lingula eine Ausnahme, als sie eins der wenigen Thiere ist, welche zugleich in der ältesten und in der gegenwärtigen Epoche vorkommen. Die Brachiopoden mit ungleicher Schaale haben entweder eine konstante Oeffnung in derselben, welche meistens (nicht bei Orbicula) im Buckel der mehr ge=

wölbten Hälfte sich befindet (bei Terebratula, Delthyris), und zum Durchgange des häutigen Stieles dient, mit dem sie festsitzen; oder die Oeffnung fehlt, wie bei Crania, Calceola und Productus (Leptaena, Strophonema). Allein nicht hiervon, sondern von der Form des Schlosses, möchte die Gruppirung schicklicher ausgehen. Das Schloß, in dem beide Schaalenhälften an einander stoßen, befindet sich stets in der Nähe des Loches für den Stiel, und bildet theils eine nur kleine Stelle des allermeist fortlaufend gekrümmten Schaalenumfanges, theils eine gerade, von dem übrigen Schaalenumfange scharf abgesetzte Linie. Alle Brachiopoden dieser Gruppe, wohin die Gattungen Calceola (1), Productus (2), Spirifer (4) und Orthis (5) gehören, sind auf die primäre Epoche beschränkt, nur ausnahmsweise erscheinen noch einige Orthis-Arten in der Kreide wieder. Calceola und Productus haben keinen Stiel, also auch kein Loch in der

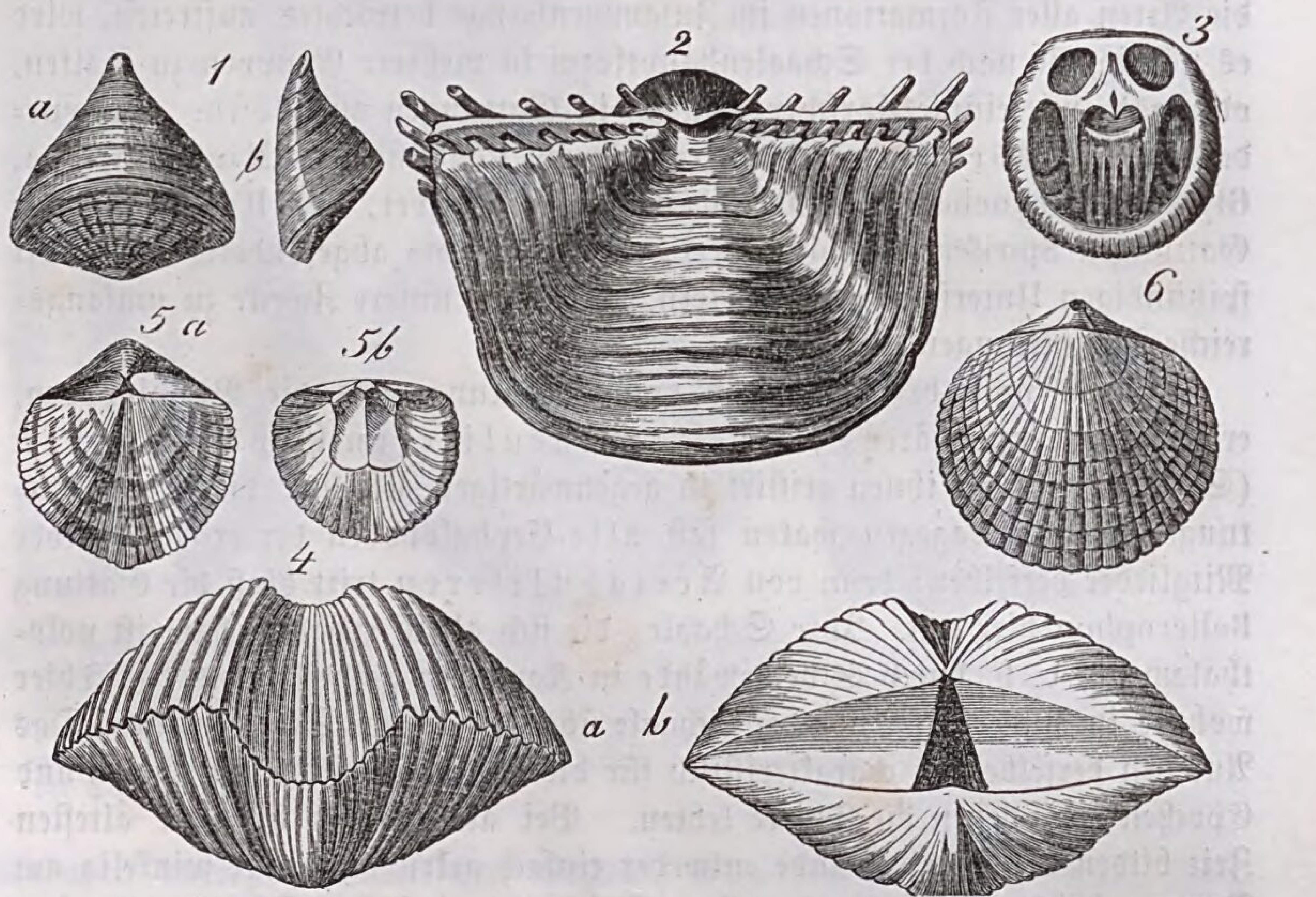


Fig. 1. Calceola sandalica, a. von oben, b. von der Seite. 2. Productus aculeatus s. horridus, von unten. 3. Crania prisca, Oberschaale von innen; man sieht die vier Muskeleindrücke und das Armgerüst. 4. Spirifer aperturatus, a. von vorn, b. von hinten. 5. Orthis elegantula, a. von unten, b. untere Schaale von innen, man sieht die beiden Schloßzähne und das Armgerüst vor ihnen. 6. Terebratula prisca von unten.

Schaale, wenn nicht die zahlreichen kurzen Röhren am Schloßrande von Pr. horridus seine Stelle vertreten; bei Spirifer und Orthis, die man zur Gattung Delthyris vereinigen kann, ist es vorhanden. Von den übrigen Brachiopoden mit kurzem, nicht abgesetztem Schloßrande fehlt der Stiel nur bei Crania, ihre Schaale saß mit der unteren flachen Hälfte selbst fest; und ganz auf dieselbe Weise mögen alle stiellosen Arten fixirt gewesen sein.

— Orbicula, Ungulites, Terebratula und Delthyris hatten den Stiel und wurden von ihm in erhöheter Stellung frei schwebend getragen. Bei Orbicula durchbohrte der Stiel die untere flache Schaalenhälfte, bei Ungulites das Schloß selbst, bei Terebratula und Delthyris die obere gewölbte Schaale unmittelbar am Buckel. Dort (6) ist die Oeffnung kreisrund, weil eine besondere kleine Kalkplatte (Deltidium) sich an den kurzen Schloßrand anlegt und die Mündung am Buckel für den Stiel verengt; hier (4, 5) fehlt eine solche Platte, die Oeffnung ist dreiseitig, stützt sich mit der Basis auf den Schloßrand und erreicht mit der Spitze das Ende des Buckels, den sogenannten Schnabel. Von mehreren dieser Gattungen zeigt der umstehende Holzschnitt die Abbildung einer der gewöhnlichsten, gewisse Formationsglieder der primären Epoche am besten bezeichnenden Arten. Bei der ungemeinen Häufigkeit, womit Terebratula und Delthyris, wenn man die Arten aller Formationen im Zusammenhange betrachtet, auftreten, wird es nöthig, sie nach der Schaalenhauptform in mehrere Gruppen zu spalten, oder gar, wie einige Forscher wollen, in Gattungen aufzulösen. So wurden aus Terebratula die Untergattungen Pentamerus, Magus, Atrypa, Glypidia, Rhynchonella und Parambonites gebildet, von Delthyris die Gattungen Spirifer, Orthis, Cystia, Trigonotreta abgesondert. Ihre oft spitzfindigen Unterschiede zu erörtern, würde für unsere Zwecke zu umfangsreiche Mittheilungen erfordern. —

Einen noch höheren Grad von Bedeutung, als die Brachiopoden, erlangen in der primären Epoche die tentaculiferen Cephalopoden (S. 337). Von ihnen existirt in gegenwärtiger Zeit nur die eine Gattung Nautilus, dagegen waren fast alle Cephalopoden der ersten Periode Mitglieder derselben; denn von Acetabuliferen tritt bloß die Gattung Bellerophon hier auf. Ihre Schaale, die sich allein erhalten hat, ist polythalamisch, d. h. durch Scheidewände in Kammern getheilt, und das Thier wohnte im äußersten Ende der Schaale über der letzten Scheidewand. Das Ansehen derselben ist charakteristisch für die Bestimmung der Gattungen und Epochen, in denen die Thiere lebten. Bei allen Arten aus der ältesten Zeit bilden die Scheidewände entweder einfach gekrümmte oder winkelig am Rande geknickte Querplatten, mit aufsteigenden einfachen Sätteln und eben solchen absteigenden Loben, aber niemals vielfach daselbst gezackte oder krause Flächen, wie bei den späteren Ammoniten. Auch die lebende Gattung besitzt denselben Charakter, und daher nennt man alle ähnlich gebauten Formen nach ihr Nautileen, wenn sie zugleich einen absteigenden, tutenförmigen Rand um das Loch in der Scheidewand für den Sipho besitzen. In diesem Umfange genommen, bietet uns die Gruppe der Nautileen aus den Grauwacken- und Kohlenschichten drei Haupttypen dar: gerade, ungewundene Orthoceratiten; spiralig aufgerollte Lituiten mit freien oder sich nur berührenden Windungen, und umschlossen aufgerollte, innig an den Windungen verbundene Nautiliten. Orthoceratites

(Fig. 1) ist ein langgezogener, allmälig verjüngter, hohler Kegel mit nach außen concaven Scheidewänden, die von einer centralen, marginalen oder intermedialen Siphotute durchbohrt werden. Bei den ältesten Formen ist die Tute marginal und sehr weit (vaginati)[6]), bei den späteren enger und vom Rande entfernt (regulares); nach jenen nennt man die sie

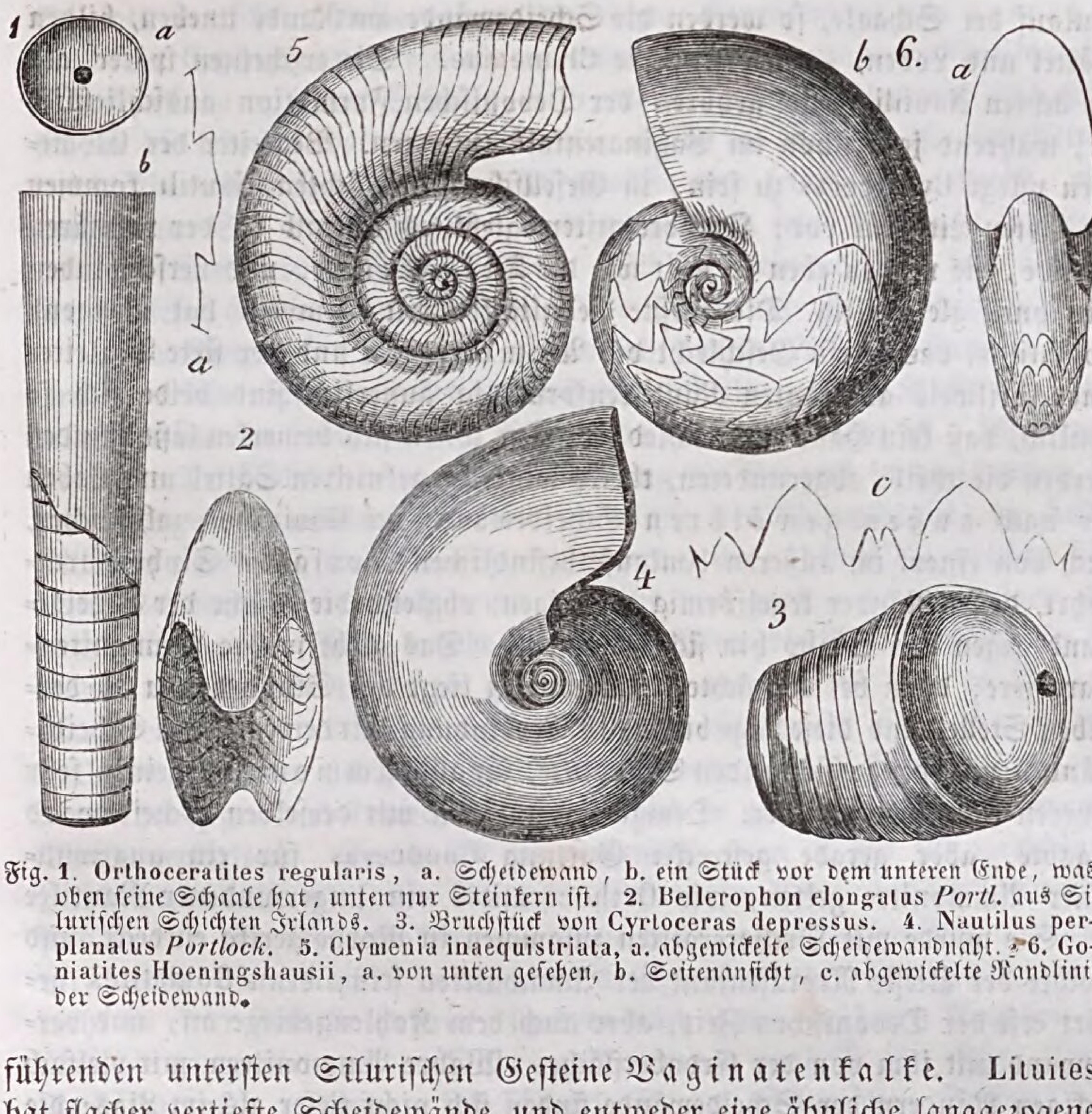


Fig. 1. Orthoceratites regularis, a. Scheidewand, b. ein Stück vor dem unteren Ende, was oben seine Schaale hat, unten nur Steinkern ist. 2. Bellerophon elongatus *Portl.* aus Silurischen Schichten Irlands. 3. Bruchstück von Cyrtoceras depressus. 4. Nautilus perplanatus *Portlock*. 5. Clymenia inaequistriata, a. abgewickelte Scheidewandnaht. 6. Goniatites Hoeningshausii, a. von unten gesehen, b. Seitenansicht, c. abgewickelte Randlinie der Scheidewand.

führenden untersten Silurischen Gesteine Vaginatenkalke. Lituites hat flacher vertiefte Scheidewände und entweder eine ähnliche langgezogene Kegelform, bei spiralförmiger Krümmung des Anfanges, oder eine kurze, wenig gebogene Gestalt, bei schneller Zunahme der Kegelweite und sehr kurzem Abstande der Scheidewände (Cyrtoceras, Fig. 3). Nautilus endlich zeigt nicht bloß sich berührende Windungen seiner Spirale, sondern die folgende wölbt sich etwas über die vorhergehende und hüllt sie mehr oder

---

6) Einige Arten mit weiter Siphotute hatten radiale Lamellen auf ihrer inneren Oberfläche, zwischen denen das Muttergestein eindrang, während die Kammern daneben leer blieben. Die herausgefallenen, abgebrochenen Siphonen gaben zur Gründung der Gattung Actinoceras Veranlassung.

weniger ein. Stets ist jedoch diese Einhüllung geringer bei den Arten der primären Epoche, als bei den späteren, obgleich auch bei ihnen die vollständige Umhüllung der lebenden Species noch nicht allgemein wahrgenommen wird. Liegt die Siphonaltute noch in der Scheidewand selbst, so ist letztere eben so einfach concav, wie bei Orthoceras, und diese Arten sind ächte Nautili; rückt aber die Tute bis an den inneren, sogenannten ventralen 7) Umlauf der Schaale, so werden die Scheidewände am Rande uneben, bilden Sättel und Loben, — das sind die Clymeniae. Sie erscheinen später, als die ächten Nautili, und gehören der Devonischen Formation ausschließlich an, während jene schon im Vaginatenkalk auftreten. Begleiter der Clymenien pflegt Cyrtoceras zu sein, in Gesellschaft der ächten Nautili kommen die ächten Lituiten vor; Orthoceratiten giebt es überall in der primären Epoche, sie reichen eben so weit wie die Trilobiten, und verschwinden mit ihnen gleichzeitig. Die größte Aehnlichkeit mit Clymenia hat übrigens Goniatites, das älteste Geschlecht der Ammoniteen und der stete Begleiter jener theilweis aberranten Nautileenform, ja äußerlich sind beide sich so ähnlich, daß kein Hauptunterschied zwischen ihnen sich bemerken läßt. Indeß werden die theils abgerundeten, theils winkelig geknickten Sättel und Loben der nach außen gewölbten Scheidewände bei Goniatites zahlreicher, auch von einem im äußeren Umlaufe befindlichen, dorsalen Sipho durchbohrt, dessen Ränder kegelförmig aufsteigen, obgleich die Fläche der Scheidewand gegen den Sipho hin sich hinabsenkt. Das giebt wahre Ammonitencharaktere; denn bei den ächten Ammoniten liegt der Sipho genau an derselben Stelle, und diese Lage bildet, in Verbindung mit den converen Scheidewänden und der aufsteigenden Siphotute, für alle Ammoniteen einen sehr sicheren Familiencharakter. Demgemäß muß die mit derselben Scheidewand begabte, aber gerade gestreckte Gattung Conoceras für ein ungewundener Ammonitee gelten, wie Orthoceratites ein ungewundener Nautilee ist. Sie wurde mit Orthoceratiten zusammen in Nordamerika entdeckt, und möchte der älteste Repräsentant der Ammoniteen sein; denn Goniatites gehört erst der Devonischen Zeit, aber auch dem Kohlengebirge an, und verschwand mit ihm von der Erdoberfläche. Wahre Ammoniteen mit vielfach zackigen Rändern der Scheidewände finden sich nicht tiefer als im Lias; die Triasgruppe enthält vorzugsweise eine eigenthümliche, zwischen Goniatites und Ammonites in der Mitte stehende Gruppe Ceratites, welche für den

---

7) Durch die anatomische Untersuchung des lebenden Nautilus pompilius ist nachgewiesen, daß der äußere Schaalenumfang nicht, wie man der größeren Krümmung halber annahm, dem Rücken des Thieres entspricht, sondern dem Bauche; denn an dieser äußern Seite befindet sich der Trichter (S. 337), welcher an der Kehle des Thieres sitzt, also seine untere Fläche bezeichnet. Demnach müßte der äußere Umlauf der Schaale die ventrale, der innere die dorsale Seite genannt werden. Wir folgen indeß hier dem einmal eingeführten, umgekehrten Sprachgebrauche.

Muschelkalk eine der besten Leitmuscheln abgiebt [8]). Nicht ganz so sicher bezeichnen die Goniatiten den Bergkalk, denn sie finden sich auch unter ihm in Devonischen Schichten neben Clymenien, welche im Bergkalk nicht mehr vorkommen, also die Devonischen Grauwackenglieder mit ziemlicher Schärfe anzeigen, weil sie den Silurischen fehlen. Für letztere können die ächten flachen Nautili als gute Leitmuscheln der Cephalopoden gelten. — Neben Goniatiten erscheint Bellerophon, der einzige Repräsentant von acetabuliferen Cephalopoden, als ein bauchiger, wenig gewundener Nautilus ohne Scheidewände in seiner Schaale, also monothalam. Hierdurch schließt er sich an die lebende Gattung Argonauta, allein die Schaale ist viel kleiner, wenig über einen Zoll lang, breiter gewölbt und feiner quergestreift, oder ganz glatt. Sie muß ebenfalls sehr dünn gewesen sein, da sich in der Regel nur ihre Steinkerne erhalten haben. Mehrere, einander oft sehr ähnliche Arten dieser Gattung bevölkern die Devonischen und Kohlenschichten.

Die Gruppe der Krebse wird durch eine merkwürdige Familie repräsentirt, welche entschieden der ersten Hauptabtheilung dieser Klasse (S. 345) angehört und am nächsten den Phyllopoden verwandt ist. Ihr Familienname Trilobiten zeigt eine Theilung des Panzers in drei Lappen an, von welchen der mittlere gewölbte die Achse des Rumpfes ist, die beiden seitlichen aber bloß freie Fortsetzungen waren, unter denen die weichen häutigen Schwimmfüße versteckt wurden. Aus dem großen mondförmigen oder parabolischen Kopfschilde erhebt sich in der Mitte die Anschwellung für den Kopf, und daneben treten die großen Augen hervor; ein ihm an Umfange häufig entsprechendes Schwanzstück hüllt den Hinterleib ein. Die meisten Trilobiten konnten sich zusammenkugeln, indem sie das Schwanzschild von unten her gegen das Kopfschild klappten und so zwischen beiden alle weichen Theile versteckten. Durch ihr schwankendes, von 2 bis 20 wechselndes Zahlenverhältniß der freien Rumpfringe zwischen Kopf- und Schwanzschild sind sie von den Phyllopoden und allen heutigen Krebsfamilien wesentlich verschieden, sie verrathen dadurch einen Charakter, der heutiges Tages nie mehr in einer Familie auftritt, sondern nach jenen früheren Angaben jetzt über die ganze Gruppe der Ostracodermen vertheilt ist. Ihre ältesten Repräsentanten erscheinen im Thonschiefer des Silurischen Systems, am häufigsten werden sie in den Grauwacken- und Kalkschichten, welche dem Devonischen System angehören; sie nehmen dann im Bergkalk an Zahl

---

8) Bisher kannte man die Ceratiten nur im Muschelkalk, neuerdings sind sie auch in der Kreide aufgefunden worden; freilich mit gewissen Modifikationen des Baues, welche die Eigenthümlichkeit der jüngeren und ihre Unterschiede von den älteren Ceratiten noch immer herausstellen. Vergl. L. v. Buch über Ceratiten. Berl. **1849. 4.** Auch die Goniatiten haben ihre strenge Bedeutung als Leitmuscheln der ältesten Sedimente verloren und können jetzt nicht mehr als ausschließliche, sondern nur als vorwiegende Repräsentanten des Ammonitentypus in ältester Zeit angesehen werden.

wieder ab, und kommen oberhalb der Steinkohlen nicht mehr vor. Vermöge ihres Körperbaues können sie sich bloß schwimmend bewegt haben, wahrscheinlich rücklings, den Bauch nach oben gekehrt, da ihre Füße zugleich die Respirationsorgane trugen, und deshalb sowohl die Nähe der Wasseroberfläche, als auch die beständige Bewegung wünschenswerth ist.

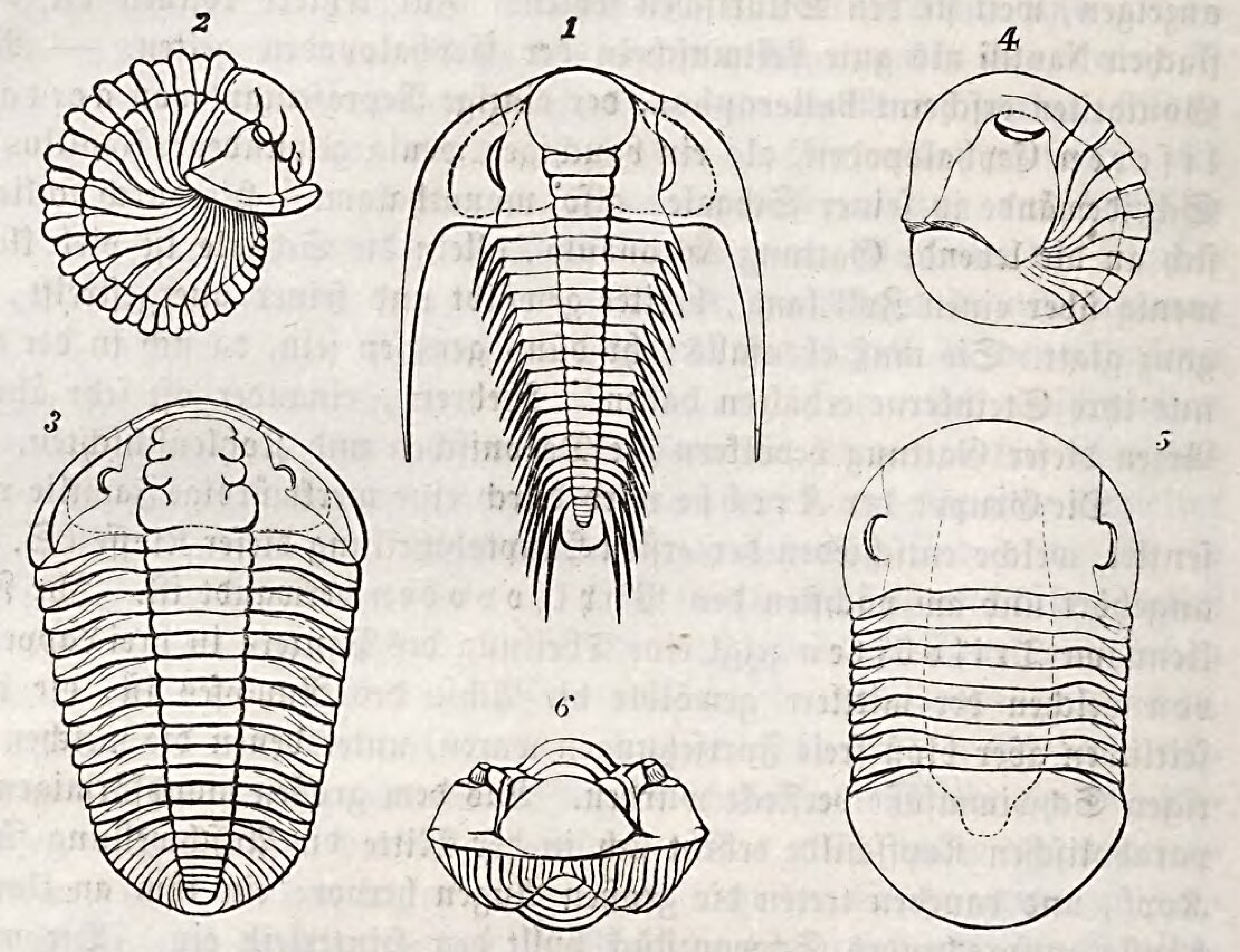


Fig. 1. Olenus bohemicus. 2. Calymene Blumenbachii eingerollt. 3. Dieselbe gestreckt. 4. Illaenus crassicauda eingerollt. 5. Derselbe gestreckt. 6. Phacops sclerops, eingerollt, von vorn.

Olenus (1) oder Paradoxides nebst seinen Verwandten gehört den ältesten, Ogygia, Asaphus und Illaenus (5) den mittleren, Calymene (3), Homalonotus und Phacops (6) den obern Schichten an, oder verbreiten sich z. Th. durch beide Glieder. Die Arten aus dem Bergkalk sind noch sehr wenig bekannt. —

Luft athmende Gliederthiere erscheinen ebenfalls schon in dieser Periode, sind also die ältesten beständigen Landbewohner, welche man kennt; ihre Reste finden sich aber nur selten, und wurden genauer erst kürzlich beobachtet. Zwar kannte man schon seit längerer Zeit aus böhmischen Steinkohlenschichten ein skorpionartiges Thier, und aus derselben Formation Englands mehrere Käfer, allein sichere Angaben lassen die aufgefundenen Reste nicht zu; jetzt sind indeß aus dem Steinkohlengebirge bei Halle die Abdrücke von Insektenflügeln durch Germar beschrieben worden, deren richtige Deutung feststeht. Sie gehören Arten an, welche mit den in unseren Waldungen wie Wohnungen häufigen Kakerlaken (Blatta) nahe

verwandt waren, ja unbedenklich mit ihnen eine Familie ausmachen, doch hinter den größten lebenden Mitgliedern dieser Gruppe, wie wir solche bis zu 3 Zoll Länge aus Südamerika besitzen, noch ziemlich an Größe zurückstehen, unsere einheimischen Arten aber bedeutend übertreffen. —

Was endlich die Fische der ältesten Periode betrifft, so stammen sie theils aus der Gruppe der Placoiden (S. 363) her, theils aus den Ganoiden (ebenda). Von Placoiden, deren Hauptformen in der gegenwärtigen Schöpfung die Haifische und Rochen sind, kommen schon in den Silurischen Gesteinen Flossenstacheln (Ichthyodorylithes) und Zähne, als die einzigen härteren Theile ihres Körpers, ziemlich oft und selbst in Schichten vor, wo wir irgend andere Spuren von Rückgratthieren vermissen. Haifische also, denn auf sie passen die bemerkten Reste besser, als auf Rochen, und besonders Formen, die der Gattung Cestracion von allen lebenden zunächst standen, waren die ältesten Repräsentanten der Wirbelthiere. Ihre allermeist breiten, langgezogenen, mehr höckerigen als spitzen Zähne weisen auf ein minder scharfes, mehr zum Zerquetschen als zum Abbeißen geeignetes Gebiß hin, welches zu dem Körperbau der hartschuppigen Ganoiden, von denen jene Haifische, wenn nicht gar von Muscheln, Schnecken und Cephalopoden, sich ernähren mußten, in passender Harmonie steht. Psammodus, Helodus, Petalodus und Orodus sind Gattungen, deren Zähne besonders im Kohlenkalk gefunden werden, während die spitzer gestalteten, mit Seitenfurchen versehenen Zähne von Ctenodus und Cladodus (7) schon in Devonischen Schichten vorkommen. Uebrigens sind die allerältesten Spuren der Placoiden nicht Zähne, sondern jene schon erwähnten gestreiften oder gezähnten Stacheln, welche den Anfang der unpaarigen Flossen bildeten und je nach ihrer Form zur Aufstellung der Gattungen Onchus, Oracanthus, Byssacanthus (6), Ctenacanthus u. a. m. Veranlassung gaben. — Bezeichnender, als diese isolirten Reste, sind die Typen der Ganoiden; Fische von der gewöhnlichen Körperform mit harten, emaillirten, allermeist eckigen Schuppen (4) und einer ungleichen Schwanzflosse, deren obere größere Hälfte von der aufsteigenden Spitze des Schwanzes selbst gebildet wird, während die untere allein von Flossenstrahlen herrührt (2). Agassiz nennt solche Fische Heterocerci, die mit der gewöhnlichen, aus zwei gleichen über einander stehenden Hälften gebildeten Schwanzflosse begabten Homocerci. Jene Schwanzform findet sich gegenwärtig nur noch bei den Haifischen, Stören und in geringerem Grade der Ausbildung bei Lepidosteus; damals scheinen alle mit einer großen Endflosse versehenen Fische sie gehabt zu haben. Außerdem waren die bekannten Gattungen Bauchflosser, wenn ihnen nicht mitunter das hintere Flossenpaar ganz fehlte; ihre Unterscheidung muß also theils vom Gesammtumriß, theils von der Stellung der unpaaren Rücken- und Afterflosse, endlich auch von der Form der Zähne und Schuppen ausgehen, in so fern diese härtesten Theile des Körpers sich auch am besten erhalten haben. — Die

ältesten Ganoiden finden sich in den rothen Sandsteinen des Devonischen Systems (Old red, S. 200), sie gehören also nicht in die Zeit der eigentlichen Grauwackengebilde, sondern sind jünger. Man kennt aus jener Periode schon über 100 verschiedene Arten und darf annehmen, daß sich

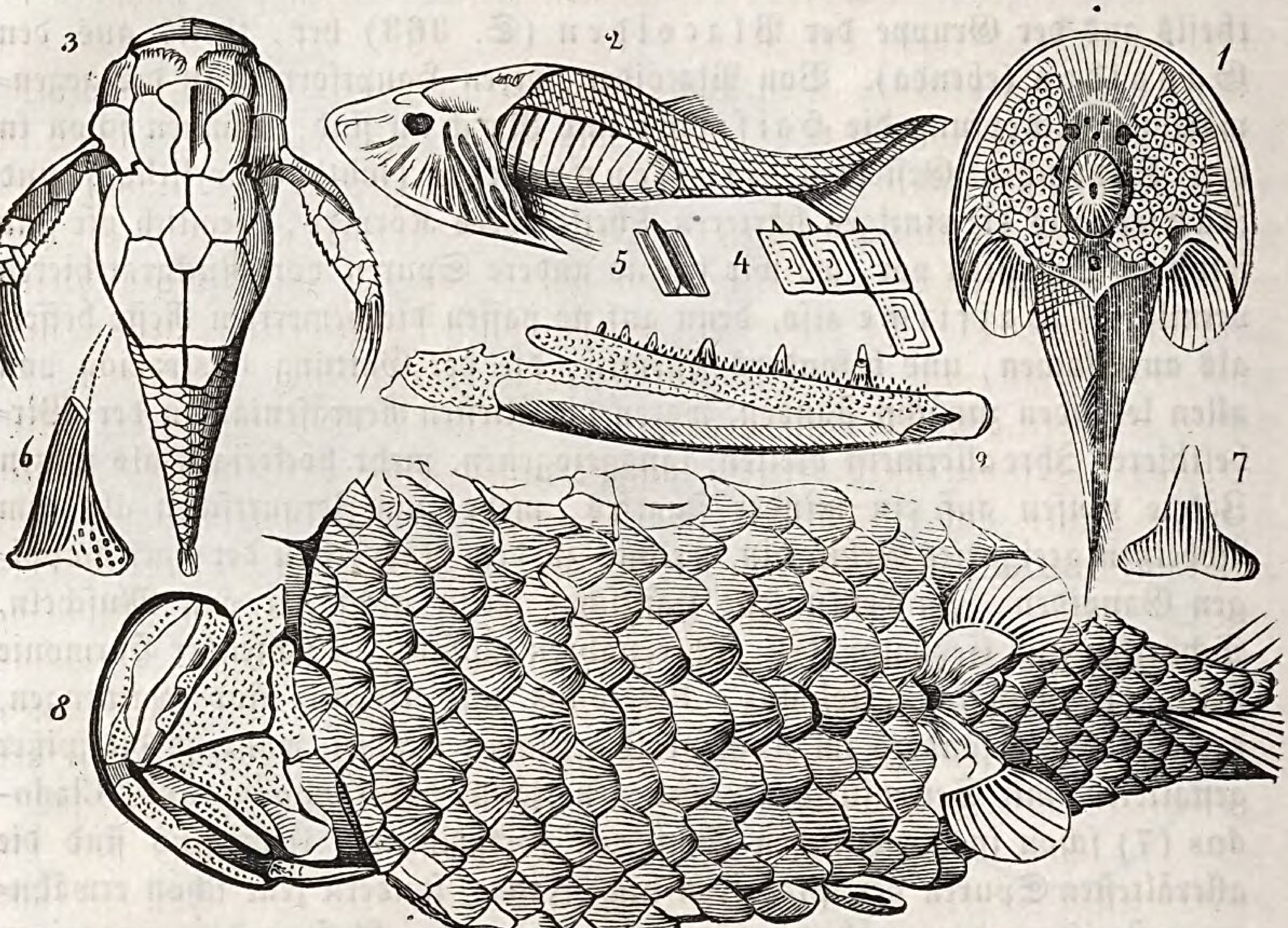


Fig. 1. Cephalaspis Lyellii von oben. 2. Dieselbe von der Seite. 3. Pterichthys productus, von oben. 4. Schuppen von Palaeoniscus lepidus. 5. Eine solche Schuppe von unten, man sieht die erhabene Längsleiste, welche oben über die Schuppe hervorragt, um mit dieser Spitze in eine Lücke am unteren Ende der nächstfolgenden Schuppe einzugreifen. 6. Ichthyodorylith von Byssacanthus crenulatus. 7. Zahn von Cladodus simplex. 8. Holoptychius nobilissimus von unten; man sieht die gepanzerte Kehle, die Bauchfläche bis zum After, mit den beiden Bauchflossen daneben, und den Anfang des Schwanzes mit dem Rest der After- und Rückenflosse. 9. Unterkiefer von Bothriolepis favosa, mit den größeren, gestreiften Fangzähnen zwischen den kleinen bürstenförmigen Zähnen.

ihre Zahl noch beträchtlich vermehren werde, wenn die Nachforschungen mit dem Eifer, wie man sie jetzt betreibt, noch längere Zeit dauern. Unter ihnen überraschen besonders zwei Familien, die Cephalaspiden und die Coelacanthinen; jene ganz dem Old red angehörend, diese bis zum Zechstein ausdauernd. Beide waren wenigstens auf dem Kopfe, und die Cephalaspiden (3) auch auf dem Vorderleibe, von großen granulirt-sculpirten Knochenplatten bedeckt, dann aber in den meisten Fällen mit kreisförmigen, obgleich ebenfalls sehr harten, ähnlich gezeichneten und emaillirten Schuppen bekleidet. Das Skelet der Cephalaspiden blieb weicher und die Wirbelsäule sicher nur knorpelig; die Coelacanthinen hatten ein solideres Gerüst, aber ungeachtet ihrer Größe hohle Knochen: eine sonderbare Eigenschaft, die keiner anderen ausgestorbenen wie lebenden

Fischfamilie zukommt. Mit dieser Eigenthümlichkeit harmonirt ihre merkwürdige Form, ihr abweichendes Ansehn, der grobe Zahntypus, dessen Faltung und Streifung (9) eben so sehr, wie manches Andere ihres Körperbaues, an die gleich anomale Eidechsenfamilie der Labyrinthodonten erinnert. Von den Cephalaspiden zeigt nur die mit einem breiten, flachen, dem Schilde der Trilobiten ähnlichen Kopfe begabte Gattung Cephalaspis (1, 2) eckige Schuppen und eine große Schwanzflosse, den anderen fehlte die Endflosse vielleicht ganz, sie besaßen aber dafür desto größere Bauchflossen, wie namentlich Pterichthys (3). Die Coelacanthinen sind Heterocerken, und ihre paarigen Flossen klein, die unpaarigen aber desto größer; was auf eine schnelle Bewegung im Wasser schließen läßt. Ihre gewaltigen Zähne (9) deuten, in Verbindung mit der oft enormen Körpergröße (der abgebildete Holoptychius nobilissimus (8) erreichte über 3 Fuß Länge und ist doch keineswegs der größte), sehr gefräßige und gewandte Raubfische an. Die Gattungen Glyptolepis, Phyllolepis, Holoptychius, Asterolepis, Platygnathus, Bothriolepis u. a. m. gehören zu ihnen. — Gleichzeitig mit beiden Familien existirten auch zahlreiche ächte Eckschupper, und zwar unter zwei Formen, als fein getäfelte, mit fast mikroskopischen Schuppen begabte, an ihren Flossen einen Stachel tragende Acanthodii, und als großschuppige, mit 2 Rücken- und 2 Afterflossen dicht hinter einander versehene Dipterini. Ihre Schuppen sind scharfkantig an einander gefügt (4) und an ihren kürzeren Querrändern durch frei vortretende Zapfen, die von der unteren Fläche entspringen, in einander eingepaßt (5). Alle Acanthodier haben nur eine Afterflosse, auch meistens nur eine Rückenflosse, namentlich die am kleinsten beschuppte Hauptgattung Acanthodes; Diplacanthus zeigt zwei Rückenflossen. Beide Familien erreichen die Kohlenperiode und sterben mit ihr wieder aus. An die Stelle derselben treten die Lepidoiden und Sauroiden, d. h. Fische mit eben so geformten, aber ziemlich großen Schuppen und einfacher Afterflosse, deren Kiefer mit spitzen Zähnen bekleidet sind. Bei den Lepidoiden, wohin Amblypterus, Palaeoniscus (4. 5) und Platysomus gehören, waren die Zähne sehr klein und von gleicher Größe; bei den Sauroiden stehen größere Fangzähne zwischen oder neben den kleineren. Ihre damaligen Typen sind die Gattungen Pygopterus und Acrolepis, ihre jetzigen Polypterus und Lepidosteus. Beide Familien erscheinen zuerst im Kohlengebirge und nehmen im Kupferschiefer an Mannigfaltigkeit zu, wie denn die Gattung Platysomus ihm allein angehört; sie durchlebten, wenngleich in anderen Gattungen, die ganze secundäre Epoche, mit deren Beginn die Lepidoiden untergingen, während die Sauroiden sich bis heute erhalten haben. Die meisten und häufigsten Arten der primären Periode kommen im bituminösen Mergel- oder Kupferschiefer vor, und gehören den Gattungen Palaeoniscus, Pygopterus, Acrolepis und Platysomus an. Aus der oft gekrümmten Form ihrer Abdrücke hat man geschlossen, daß diese Thiere schnell getödtet, viel-

leicht vergiftet wurden, ehe sie in die Gesteinsmasse versanken; und hiermit dürfte der Erzgehalt, welcher eben diese Straten so auszeichnet, in Verbindung stehen. Mächtige Ausbrüche von unten, die das Wasser erhitzten und mit letalen Stoffen, besonders schwefelsauren Metallsalzen, mischten, tödteten diese Geschöpfe alsbald, und ihre schon stellenweis verwesten Leichen wurden die Typen unserer heutigen Petrefakten.

Dasselbe Schicksal traf auch die Eidechse (Proterosaurus), welche das erhobene Flachland eben jener Zeit bewohnte und fossil im Kupferschiefer gefunden wird [9]). Da ihre Bedeckungen minder hart gewesen sein dürften, als die der Fische, so haben sich nur sehr unvollständige Reste des seltenen Geschöpfes erhalten. So weit es möglich ist, erkennt man darin ein der Gattung Monitor verwandtes Thier mit mäßig langer Schnautze und je 11 Zähnen; die Wirbelflächen sind eben, die Dornfortsätze hoch und die Füße fünfzehig. Es war nach diesen Eigenschaften wohl ein Uferbewohner, der den Fischen auflauern und in ihnen seine Nahrung finden mochte.

Wollen wir es versuchen, aus den thierischen Resten eben so, wie aus der Vegetation auf die geographischen Verhältnisse der damaligen Zeit zu schließen, so möchten wir zu einem ganz ähnlichen Resultate gelangen. Bedenken wir, daß die Lithophyten oder Korallen der Gegenwart am liebsten auf untermeerischen Felsenzacken und Kämmen sich niederlassen, die steil aus jäher Tiefe hervortreten; daß die lebenden Crinoideen, Brachiopoden und Nautileen nur in der Nähe von Inseln, doch fern von der Küste, die Einen in der Meerestiefe, die Anderen auf hoher See sich aufhalten; so haben wir allen Grund an Inselgruppen zu denken, welche den Inseln der Südsee entsprechen. Einzelne größere Erhebungen, wie auch jetzt in diesen Gegenden, bildeten die Mittelpunkte, um welche sich andere flachere Höhen herumlagerten, und diese waren wieder in weiteren Kreisen von Felsenriffen, worauf die Korallen bauten, umgeben. In den Tiefen dazwischen wimmelte es von Crinoideen, Terebrateln, Orthoceratiten und Nautileen; Fische mit harten Panzern, die einem kolossalen Wasserdruck Widerstand leisten konnten, schwammen umher und schnappten nach Beute. Allein neben den hohen und niedrigen Inseln, oder innerhalb der sie umgebenden

---

9) Lange Zeit war der Proterosaurus, wie schon sein Name anzeigt, das älteste bekannte Amphibium; allein Goldfuß hat den Schädel eines Sauriers aus der Steinkohlenformation bekannt gemacht, welchen er Archegosaurus Decheni nennt, und für einen Krokodilier hält. Die beigefügte Abbildung scheint jedoch nicht auf einen solchen Saurier zu führen, sie deutet einen Labyrinthodonten an. Vergl. meine Abhandl. über ihn und über Trematosaurus. Berlin 1849 u. 50. 4. Seitdem ist wieder ein noch älterer Saurier in den Devonischen Schichten Englands entdeckt und darin (Telerpeton) eine den typischen Sauriern ähnliche, den Baumagamen verwandte Form erkannt worden, welche sich mehr an die Proterosauren anschließt und als Waldeidechse auf Bäumen gelebt zu haben scheint. —

Riffe, entstanden ohne Zweifel schon damals, wie jetzt, Untiefen, in welchen das Wasser einen mehr stagnirenden Charakter annahm, Lagunen bildete; und hier hausten gleich anfangs die Trilobiten 10), etwas später die flachen Cephalaspiden. Dort war es auch, wo der Proterosaurus an's Ufer schlich, oder, gleich den heutigen Monitoren, zu Wasser ging, um dieselben Geschöpfe, welche der Beute wegen in diese Lagunen kamen, als Beute für sich zu erhaschen. —

25.

Organisationen während der secundären Formationen.

Die Schichten der normalen Gesteine vom bunten Sandstein aufwärts bis zur Kreide, mit Einschluß der letzteren, werden von vielen Geognosten als ein zusammenhängendes größeres Ganze betrachtet, und in diesem Umfange mit dem Namen der secundären Formationen belegt. Wir treten dieser Annahme bei, weil wirklich in der organischen Schöpfung aller secundären Schichten ein gemeinsamer Charakter nicht zu verkennen ist. Denn immer noch bewegt sich die organische Natur während dieser zweiten Epoche in ihren mittleren Entwickelungsstadien und bringt es nicht zu der ganzen Formenreihe warmblütiger Rückgratthiere, welche die tertiären Schichten auszeichnet und sie dadurch der Gegenwart ähnlicher macht. Diesen Charakter behält die secundäre Periode in allen Zonen und Weltgegenden, so weit wir sie kennen; sie stimmt also auch darin mit der primären Epoche wesentlich überein. Namentlich verdanken wir den Untersuchungen von d'Orbigny die Thatsache, daß ein großer Theil des Innern Südamerikas aus Kreideschichten besteht, in denen nicht bloß eine im Ganzen mit der unsrigen übereinstimmende Organisationssphäre herrscht, sondern daß auch eine spezifische Identität öfters zwischen den dortigen und unseren Kreidegeschöpfen besteht. Dagegen vermißt man in Südamerika so gut, wie in Nordamerika, Schichten, welche den europäischen Juragliedern entsprechen, kennt also auch die merkwürdigen paradoxen Organismen derselben Periode vom westlichen Kontinent noch nicht. Dieser Umstand weist entschieden auf lokale Bildungsverhältnisse hin, und macht es wahrscheinlich, daß wie gegenwärtig die Erdoberfläche an entfernten Orten eigenthümliche Charaktere besitzt, sie ähnliche Unterschiede auch schon in der secundären

10) Die heutigen Phyllopoden leben in Pfützen und Lachen, nie in tieferen Gewässern.

Periode besessen haben müsse. Indeß geringer werden sie wohl gewesen sein; denn die Triasschichten, welche in Deutschland so mächtig auftreten, finden sich auch in Amerika. Leider hat man noch keine Versteinerungen in ihnen entdeckt; was um so störender ist, als gerade sie den localen Charakter am sichersten bestimmen. Nach den Resultaten, die in Europa gesammelt wurden, sind übrigens die secundären Straten ihrer Organismen wegen die merkwürdigsten von allen, zumal die oolithischen; denn besonders eigenthümliche und ganz paradoxe Formen, namentlich der Amphibien, finden sich vorzugsweise hier und im Lias, wenn auch nicht überall in gleicher Anzahl. Sie erscheinen mit theils analogen, theils abweichenden Gestalten schon in der Trias, und wiederholen sich ähnlich in der Kreide. Es ist daher eine durchaus gerechtfertigte Ansicht, welche die secundäre Periode als den Zeitraum der Amphibienorganisation bezeichnet hat. Dies wird uns am besten einleuchten, wenn wir den Entwickelungsgang jeder einzelnen organischen Abtheilung durch alle secundären Schichten hindurch verfolgen und die älteren mit den jüngeren Repräsentanten vergleichen. —

Pflanzenversteinerungen sind in der ganzen Periode nirgends so zahlreich, wie in der vorigen oder folgenden; sie tragen daher wenig zur Charakteristik der Schichten bei, und bedürfen nur so weit einer Berücksichtigung, als hinreicht, um den Charakter der Vegetation zu bestimmen. Im bunten Sandstein, wo die ersten vegetabilischen Reste dieser Epoche uns begegnen, gehören sie denselben Abtheilungen an, welche wir als Repräsentanten der Kohlenformation kennen gelernt haben; denn außer einigen Fucoideen und Liliaceen finden sich nur Calamiten, Equiseten, Farrenkräuter, Cycadeen und Coniferen. Manche dieser Gewächse, namentlich Calamites arenaceus, sind dem bunten Sandstein nicht eigenthümlich, sondern wiederholen sich in den Keupersandsteinen, dem sogenannten Schilfsandstein (S. 214) und in den Steinkohlenschichten, die früher als Lettenkohle eben dort erwähnt wurden. Diese Steinkohlenlager sind überhaupt in den untersten Theilen der ganzen Secundärformation diejenige Schicht, welche die meisten Vegetabilien aufzuweisen hat; sie unterscheiden sich durch ihre Arten zwar spezifisch von den Steinkohlen der früheren Periode, allein enthalten doch größtentheils dieselben vegetabilischen Gruppen, welche auch dort die Steinkohlen bilden. Charakteristisch ist für sie nur das erste Auftreten von Cycadeen[1]), einer den Palmen ähnlichen, kurzstämmigen Pflanzenfamilie,

1) Die Familie der Cycadeen hat manche Analogie mit den baumartigen Farren, sowohl in ihrer jetzigen als früheren Verbreitung. Gegenwärtig nur in etwa 40 Arten über die südliche Erdhälfte vertheilt, war sie früher ungemein zahlreich, erreichte aber später als die baumartigen Farren das Maximum ihrer Entwickelung. Zwar sind neuerdings einige Cycadeen im Steinkohlengebirge aufgefunden, allein ihre Anzahl (4) ist gering gegen die große Menge von Formen während der secundären Epoche. Denn man kennt schon jetzt 20 Arten aus dem Lias, 30 Arten aus dem

deren lebende Repräsentanten in subtropischen Küstengebieten, wie namentlich am Kap der guten Hoffnung, vorkommen und hier die Palmen vertreten. So war es auch zur Zeit der Triasglieder. Denn in der Regel



Fig. 1. Cycas revoluta, aus Japan; 2. Zamites macrophyllus; 3. Zamites microphyllus, beide aus der Wälderformation der Insel Portland; 4. Blattspitze von Pterophyllum Jägeri, aus dem Keuper; 5. Blattstück von Zamites Feneonis, aus französischem Jura; 6. Zweig mit Blättern von Voltzia heterophylla, aus dem bunten Sandstein, a. eine Blattschuppe mit den Früchten desselben Gewächses.

finden sich einzelne Arten derselben Gattungen auch im bunten Sandsteine, die im Keuper zahlreicher werden, und diese führen gewissermaßen die Vegetation der älteren Steinkohlen, mit bemerkbaren Modificationen, in die Pflanzenwelt der jüngeren oder Lettenkohle über. Es leidet also die Orga=

---

eigentlichen Jura und 5 aus der Wäldergruppe, dagegen nur 2 aus dem bunten Sandstein, keine aus dem Muschelkalk, 2 aus dem Keuper, 5 aus Kreidegebilden und 3 tertiäre. Alle fossilen Cycadeen lassen sich nach ihren Blättern, deren lederartige Beschaffenheit eine längere Erhaltung ganz besonders begünstigte, in 4 verschiedene Gattungen bringen. Obgleich der Grundtypus stets die gefiederte oder fiederspaltige Blattform ist, so zeigen doch die einzelnen Blättchen constante Typen. Bei Cycadites sind sie fein zugespitzt, ganzrandig und mit einem einzigen Mittelnerven versehen; bei Zamites (5) ebenfalls spitz, aber breiter und von mehreren dem Seitenrande gleichlaufenden Adern durchzogen; Nilsonia hat ungleiche Blattnerven und Pterophyllum (4) zeigt linienförmige Blätter mit stumpfem oder abgerundetem Ende und ausgebreiteter Basis. Sehr interessant sind die kurzen, dicken, von rautenförmigen Blattnarben bedeckten Stämme (2, 3), woraus B r o n g n i a r t früher die besondere Gat=

nisation der Gewächse zwar eine theilweise Umänderung in den auf einander folgenden Pausen nach Absatz der Schichten, allein sie bleibt ihrer ursprünglichen Entwickelungsrichtung treu, und wiederholt so lange die unvollkommeneren Formen in neuen Repräsentanten, als die Erdoberfläche selbst ihren ersten ältesten unentwickelten Charakter beibehält. Es mögen daher nach und nach immer mehr Inseln aus der Meerestiefe emporgestiegen sein, aber wesentlich hat sich der Schauplatz des organischen Lebens auch bis zum Absatz der Keuperschichten hinauf nicht geändert. Allenfalls mag das Erscheinen einer Convallaria für einen Fortschritt zeugen, und die Gleichförmigkeit der damaligen und heutigen Entwickelungsrichtung bewähren. —

Dieser Grundsatz wird auch für die Zeiträume des Lias und Jura festgehalten, wenn wir in Schichten derselben neben den früheren Formen häufiger dicotyledonische Gewächse, namentlich die zum Theil polycotyledonischen Nadelhölzer auftreten sehen; zugleich aber erkennen wir aus der Armuth dieser Periode an acotyledonischen oder kryptogamischen Gefäßpflanzen, aus dem isolirteren Auftreten der Calamiten neben der ersten Erscheinung von ächten Equiseten und aus dem Bleiben der Cycadeen einen auch äußerlich veränderten Zustand jener Zeiträume. Der bis dahin herrschende Inseltypus des Gewächsreiches geht mehr verloren, die Vegetation nimmt einen subtropischen Charakter an, und breitet sich über mannigfachere Formen aus, wie sie überhaupt nur größeren Landstrichen zukommen. Dafür sprechen besonders die gleichzeitigen Familien der Cycadeen und Coniferen, von denen erstere den warmen, letztere den gemäßigten Klimaten vorzugsweise angehören, und wahrscheinlich auch damals, wie noch jetzt zwischen den Tropen, nur auf Bergen wuchsen. Wir dürfen daraus auf höhere, dicht und gleichmäßig von Nadelhölzern bewaldete Bergstrecken, vielleicht weite Hochebenen im Innern der erhobenen Ländermassen schließen, während die Cycadeen nach heutiger Gewohnheit mit Farrenkräutern, einzelnen aber kleineren Lycopodien, selbst Palmen und Liliengewächsen untermischt die Ufer jener höheren und größeren Länder umgaben. In tiefen Buchten solcher bewaldeten Hochlande scheint sich besonders das organische Leben gesammelt zu haben, denn vorzugsweise in isolirten Becken finden

---

tung Mantellia bildete; sie kommen nicht gar selten vor, obgleich nicht leicht so schön, wie die zwei hier abgebildeten, und unterscheiden sich im Ganzen zu wenig von den Zamien, als daß ihre Form eine besondere Gattung erheischte. Wohl aber scheinen die bis jetzt aufgefundenen zapfenförmigen Früchte der fossilen Cycadeen die Aufstellung einer eigenen Gattung (Zamiostrobus) nöthig zu machen. Merkwürdig ist es übrigens, daß auch die lebenden Cycadeen vier verschiedenen Gattungen angehören, von denen eine (Zamia) nur in Südamerika, die zweite (Encephalartos) nur am Kap, die dritte (Macrozamia) zugleich hier und in Süd-Asien, die vierte (Cycas) in Süd-Asien und auf Neu-Holland einheimisch ist. Aechte Zamien scheinen der Vorwelt zu mangeln, von den anderen Gattungen mögen Analoga existirt haben, von Cycas sogar zugleich in den ältesten und jüngsten Formationen; dagegen fehlen Pterophyllum und Nilsonia der Gegenwart gänzlich.

wir seine Reste abgelagert. Hier war es auch ohne Zweifel, wo an den Ufern in ungestörter Ruhe die subtropische Vegetation am üppigsten gedieh, und zahlreiche Wassergewächse, die das hohe Meer nicht duldet, ihren ruhigen Aufenthalt fanden. Denn gerade an so reichlich mit Versteinerungen ausgerüsteten Orten fehlen auch sie nicht leicht. Die Cycadeen erscheinen übrigens in allen secundären Schichten am häufigsten unter einer Form (Zamites), die der heutigen Gattung Zamia ähnelt, während im Keuper und Jura die mehr abweichende Gattung Pterophyllum vorherrscht. Von Coniferen finden sich neben Pinus, Araucaria und Thuja noch andere, den heutigen minder ähnliche Gestalten, unter denen die Gattungen Albertia und Voltzia (6) aus dem bunten Sandstein von Sulzbad die merkwürdigsten sein dürften. —

In den Schichten der Juraformation nimmt also die Vegetation keinen wesentlich verschiedenen Charakter an; aber eigenthümlicher wird sie in der großen Süßwasserformation über dem Jura, deren Schichten in ihrem ganzen organischen Gehalt einen so verschiedenen Charakter zeigen. Es bietet sich in ihnen die schönste Gelegenheit dar, eine Binnenlandsflora von den bewaldeten Küstengebieten zu scheiden, und also noch bestimmter auf größere Länderstrecken zu schließen. — Die Flora der völlig marinen Quadersandsteine und Kreideschichten enthält zwar eigenthümliche, von den Pflanzen des Jura stets verschiedene Arten, allein sie besitzt gerade keinen abweichenden eigenthümlichen Charakter. Seealgen sind in ihnen ziemlich häufig, und ähneln zum Theil sehr noch lebenden Formen, wie Sphaerococcites, Halymenites und Chondrites. Arten der letzteren Gattung finden sich im Grünsand in solcher Menge, daß sie zur Benennung Fucoiden-Sandstein Veranlassung gaben. Caulocarpe acotyledonische Gefäßpflanzen scheinen, außer einigen Equisetaceen, zu fehlen, allein Farrenkräuter hat man beobachtet; unter ihnen ist das Geschlecht Chiropteris dieser Gruppe eigenthümlich. Palmen und Monocotyledonen überhaupt sind ebenfalls bekannt, und zugleich Cycadeen, welche mit einer besonderen, erst hier erscheinenden Gattung Cycadites auftreten. An Coniferenresten fehlt es nicht, und daneben erscheinen denn auch deutlich Laubhölzer, als erste Repräsentanten höherer Dicotyledonen. Man deutet manche Blätterabdrücke für Weiden, und hält eine der Jetztwelt ferner stehende Form Credneria, aus dem Quadersandstein, für eine den Pappeln oder Haselnüssen analoge Gattung. Andere Blätter werden Platanen oder gar Linden und Tulpenbäumen (Liriodendron) zugeschrieben. Die Süßwasserschichten umfassen das schon früher als solche (S. 222) charakterisirte Wäldergebiet. In ihnen erscheinen Conferven, noch ein Calamit, der letzte Sproß seines Stammes; Farrenkräuter, die aber von denen der Kreide verschieden sind, namentlich Pecopteris- und Sphenopteris-Arten; Stämme (Mantellia *Brongn.*), Blätter und Früchte mehrerer Arten von fast allen Gattungen aus der Cycadeenfamilie, jene in den untersten (Purbeck), diese in den

mittleren (Hastings) Schichten; dann die merkwürdige Gattung Clathraria, deren Stellung im System zu den Coniferen jetzt entschieden ist; endlich die nicht minder paradoxe Form der Endogeniten. Auch holzige Stämme größerer Nadelhölzer werden gefunden. —

Das Thierreich, wie überall in den auf uns gekommenen Resten früherer Perioden mannigfaltiger als das Pflanzenreich, verbreitet sich in den Secundärschichten zwar durch alle Gruppen von den Polypen aufwärts bis zu den Vögeln hin, ja hat uns selbst einige Spuren von Säugethieren hinterlassen; allein es ist noch immer sehr arm an Landgeschöpfen, wenigstens solchen, die ausschließlich für einen Aufenthalt in trockener Umgebung bestimmt waren. Auch Süßwasserthiere treten spärlicher auf, nämlich nur in den Schichten der Wälderformation, während die Meergeschöpfe selbst noch unter den Amphibien vorherrschen. Diese Umkehrung der gegenwärtigen Verhältnisse ist von Wichtigkeit, indem sie den fortdauernden Inselcharakter der Erdoberfläche beweist und darthut, daß das Festland zwar zugenommen hat, aber nur sehr langsam und allmälig vom Wasser befreit worden ist. Wir werden uns von diesem gleichzeitigen Fortschritt des Bodens und seiner Geschöpfe am besten überzeugen können, wenn wir die einzelnen thierischen Gruppen durch alle Schichten hindurch unmittelbar verfolgen. —

Zunächst also die Polypen fehlen in den Gliedern der Triasgruppe merkwürdiger Weise gänzlich [2]), und erscheinen erst im Jura, aber hier auch desto häufiger, besonders in den oberen Schichten, dem Korallenkalk. Nach ihrem Vorkommen in der früher (S. 221) geschilderten Weise scheinen sie Korallenriffe rund um die bereits gehobenen höheren Landstriche gebildet und einen Damm im Meere aufgeführt zu haben, der sich am besten mit den Riffen der Südsee an den Ostküsten Neuhollands vergleichen läßt. Daraus erklärt sich leicht ihre ungeheure Menge. Sie gehören übrigens fast ganz zur Gruppe der Lithophyten, deren Arten Mitglieder der schon damals häufigen Gattungen Millepora, Astraea, Maeandrina, Caryophyllia und Fungia zu sein pflegen, und mit anderen ausgestorbenen Gattungen gemischt vorkommen. Neben ihnen erscheinen die weichen, wahrscheinlich nicht thierischen, sondern dem Pflanzenreich zustehenden Schwämme oder Spongien unter den Formen Scyphia und Tragos, wie sie die Gegenwart ebenfalls aufzuweisen hat [3]). Von Bryozoen finden sich Eschara, Intricaria, Stomatopora und andere, unseren heutigen Gruppen ganz ähnliche Gestalten. In der Kreide trifft man zwar noch viele Polypen, allein nicht mehr in so großen Massen neben einander; auch nehmen die Litho-

2) Die früher für Polypen gehaltenen Stylolithen des Muschelkalks sind zufällig entstandene, durch Organismen bloß eingeleitete Gebilde.

3) Manche Spongien sind ungemein häufig, und werden zu sicheren Leitmuscheln, wie z. B. die Spongia rhizocorallium, für die bunten Mergel unter dem Muschelkalk.

phyten besonders stark ab, wodurch der Charakter förmlicher Korallenriffe, wie sie das Juragebirge darbietet, verloren geht. Im Ganzen sind auch hier die Polypen häufiger in den oberen eigentlichen Kreideschichten, als in den unteren (der Neocomie) und den mittleren (dem Gault, S. 224) Gliedern; sie gehören meistens den kleineren Formen der Escharinen, Celleporinen, Polythalamien oder Foraminiferen (S. 225) an, und scheinen durch die Menge der Arten wie Zahl der Individuen eine sehr wichtige Rolle in damaliger Zeit gespielt zu haben, wenn gleich nicht alle Hauptformen der Klasse in ihnen vertreten sind. Indessen finden sich viele noch lebende Gattungen neben ausgestorbenen, der Kreide eigenthümlichen und älteren, welche sie mit dem Jura gemein hat. Zu letzteren gehört die sonderbare Lithophyte Dictyophyllia, welche der lebenden Gattung Astraea verwandt zu sein scheint. Auf die große Rolle, welche die Spongien auch in der Kreide gespielt haben, ist schon früher (S. 228) hingewiesen worden. Sie scheinen hauptsächlich die Kieselerde des Kreidemeeres sich angeeignet und zur Entstehung der Feuersteine Veranlassung gegeben zu haben. Die Gattung Siphonia ist hier die artenreichste.

Die Radiaten der Trias sind sehr charakteristisch; am allgemeinsten verbreitet finden sich noch Crinoideen mit hohem, rundem, rankenlosem Stiel, welche der Gattung Encrinus angehören und nur in der einen Art des bekannten Lilienencriniten (Encr. liliiformis, Fig. 1) auftreten. Der Kelch desselben hat fünf Beckenstücke (Fig. 2), woran alternirend die fünf großen Parabasen stoßen, denen noch je zwei Radiale folgen; dann beginnen die bis auf den Grund getheilten Arme, von denen jeder zwei Reihen fiederförmiger, an der Innenseite doppelt gezackter Zweige trug. Das Thier konnte seine Arme sternförmig ausbreiten und kegelförmig zusammenlegen, wenn es ruhen wollte, und in dieser Stellung findet es sich gewöhnlich fossil. Die einzelnen kreisrunden Stielglieder oder Trochiten sind im Muschelkalk weit verbreitet und lassen sich an ihren dicken gewölbten Radien, ihren gekerbten Rändern oder ihrer erhabenen Sternfigur um den als Loch sichtbaren mittleren Kanal leicht von anderen Crinoideenstielgliedern unterscheiden. Der Muschelkalk beherbergt übrigens noch eine zweite ähnliche Gattung Chelocrinus; allein deren Stiel war fünfkantig und absatzweise mit Rankenquirlen besetzt, ihr Becher ist relativ kleiner und weniger gewölbt, die Arme sind nicht einmal, sondern zweimal bis auf den Grund gespalten. Neben diesen Crinoideen erscheinen die ersten Asteroideen aus den Gattungen Ophiura und Asterias; beide sind aber ungleich seltner. Von Echinoideen kennt man nur Spuren, namentlich einzelne Stacheln. — Alle drei Gruppen wiederholen sich im Jura und erreichen hier eine noch größere Mannigfaltigkeit. Crinoideen finden sich unter dreierlei Gestalten: als gestielte, ungestielte mit basalen Ranken und ungestielte ohne Ranken. Die gestielten Gattungen haben bald einen runden glatten (Apiocrinus, Eugeniacrinus), bald einen fünfkantigen, mit Ranken besetzten

Stengel (Pentacrinus) und kommen mit mehreren Arten in allen Schichten vor. Pentacrinus erscheint zuerst im Lias, wiederholt sich in der Kreide und existirt, als der einzige lebende gestielte Haarstern (P. caput Medusae), noch in der Gegenwart an den Küsten der kleinen Antillen. Sein Kelch ist von unbedeutendem Umfange und sehr flach, aber die großen Arme sind mehrmals gabelig getheilt und mit langen Fiederästen zweireihig besetzt. Der Stiel pflegt unten rund zu sein (bei P. subangularis), demnächst aber fünfkantig zu werden und zahlreiche lange Rankenquirle zu tragen. Apiocrinus (Fig. 5, 6) gehört dem mittleren und oberen Jura an, kehrt aber in der Kreide noch wieder. Auf einem runden, unten starken Stengel, der später sehr dünn wird, ruht der dicke, allmälig aus dem wieder erweiterten Stiel sich bildende Kelch. Fünf breite Beckenstücke alterniren mit eben so vielen Parabasen, an welche noch je zwei Radiale sich anschließen; alles ganz wie bei Encrinus, und doch wie verschieden die Gesammtform. Die Arme sind bis auf den Grund getheilt und am Rande mit Rankenreihen besetzt; sie bilden zusammengelegt einen schlanken Kegel (5) und breiteten sich zu einem schönen, regelmäßigen, zehnstrahligen Stern aus. Von Eugeniacrinus kennt man nur den aus vier oder fünf Basalplatten gebildeten Kelch, welcher von einem kurzen Stiel getragen wurde; ob Radiale vorhanden waren und wie die Arme aussahen, ist zur Zeit noch nicht ermittelt. Die ungestielten, allseitig beweglichen Crinoideen mit Ranken am Kelch erscheinen hier zuerst und zwar in zwei sehr verschiedenen Gattungen: als Solanocrinus (3) und als Comatula (auch Decacnemos oder Alecto genannt). Die erstere kann als ein gegliederter Haarstern betrachtet werden, dessen Kelch statt des Stieles von einem einfachen, basalen, öfters ziemlich langen Knopf getragen wurde, worauf grubige Vertiefungen, in denen die gegliederten Ranken befestigt waren, sich bemerkbar machen. An diesen Knopf stoßen die fünf kleinen Beckenstücke und mit diesen alternirend fünf große Parabasen. Das ist alles, was man von Solanocrinus weiß. Seine bekannten Arten gehören ausschließlich dem Jura an, die abgebildete (Fig. 3, S. scrobiculatus) ist durch die Länge ihres Knopfes ausgezeichnet. Comatula hat statt des Knopfes eine flachere Scheibe, welche die Ranken trägt, und woran unmittelbar die Radialen stoßen, so daß der Knopf die Stelle des Beckens mit vertritt. Jeder Arm spaltet sich in zwei Aeste, und jeder Ast trägt zwei Reihen fiederförmige Ranken. Mehrere lebende Arten dieser Gattung bevölkern die wärmeren Meere der Erde; andere fossile kennt man aus dem Jura, der Kreide und der tertiären Zeit. Aber ausschließlich im oberen Jura, dem lithographischen Schiefer, findet sich der ungestielte Haarstern ohne Ranken, die Gattung Saccocoma (4). Ein kugelförmiger, von fünf gewölbten Rippen überspannter Kelch trägt am Ende der Rippen, neben der wahrscheinlich aus einer weichen Haut gebildeten oberen Fläche, fünf mit zwei Radialen beginnende und dann gabelig getheilte Arme, deren auffallend lange dünne Glieder an ihrem Ende mit zwei sehr feinen, faden-

förmigen Ranken versehen sind. Wenigstens bei einer Art (S. tenella) setzen sich diese Ranken bis auf die Rippen des Kelches fort, bei der anderen (S. pectinata, Fig. 4) scheinen sie hier zu fehlen. Das waren also die für den Jura so bezeichnenden Crinoideen, viel weniger eignen sich dazu seine Asteroideen und Echinoideen. Seesterne sind überhaupt im Jura selten, man kennt einige Asteriae und Ophiurae aus dem Lias und lithographischen Schiefer; aber Seeigel finden sich schon in allen heutigen Hauptformen, theils völlig regulär (Cidaris, Echinus), theils mit excentrischem After (Galerites, Nucleolites), theils endlich wahrhaft symmetrisch (Spatangus). — In der Kreide erreicht die zuletzt erwähnte Gruppe der Echinoideen, deren erstes Erscheinen auf der Erde wohl nicht über die Periode der Steinkohlen hinausgeht, von allen Radiaten ihre höchste Entfaltung, und findet

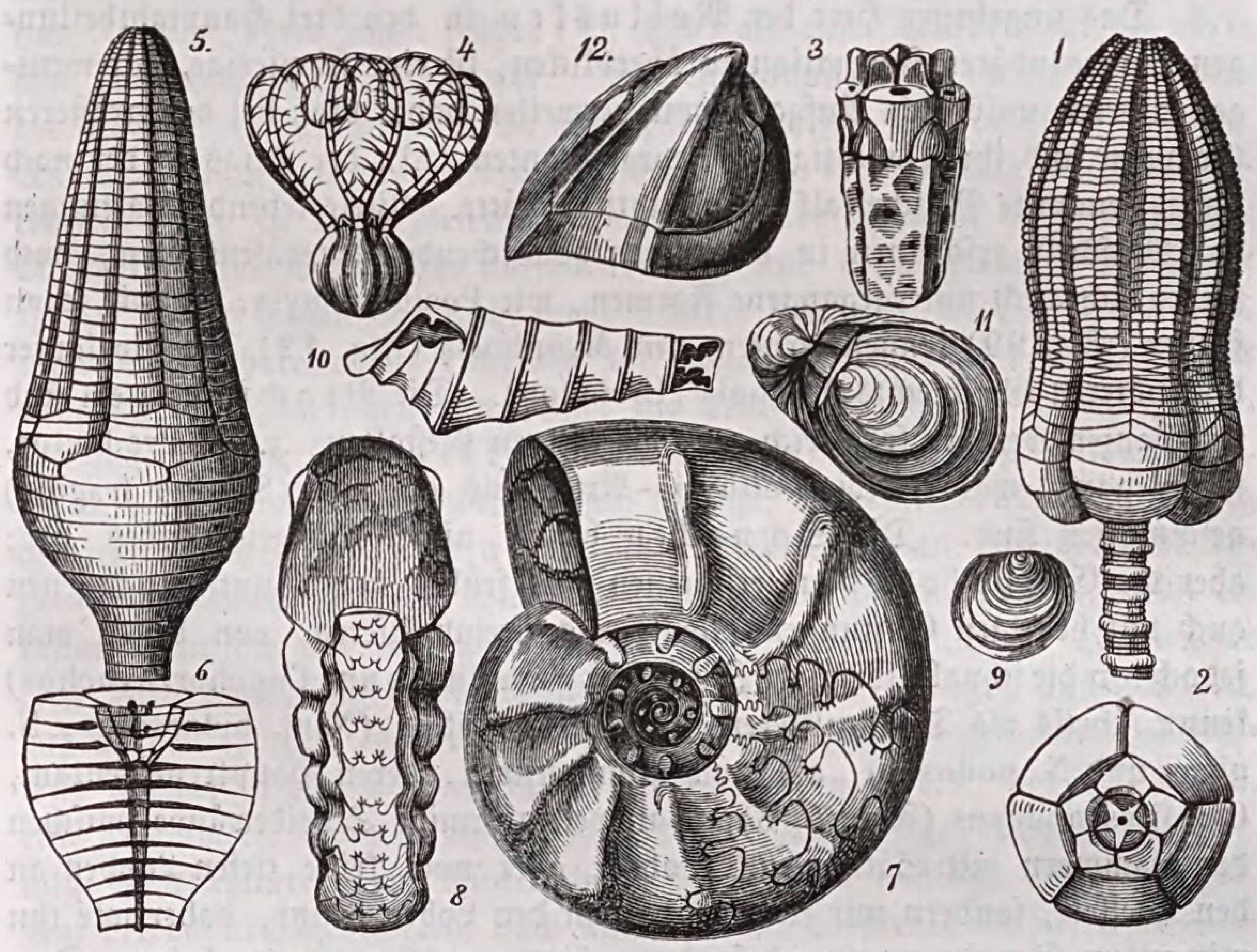


Fig. 1. Encrinus liliiformis, zusammengelegt; 2. Kelch desselben von unten; 3. Solanocrinus scrobiculatus, der Kelch mit dem Knopf; 4. Saccocoma pectinata; 5. Apiocrinus rotundus s. Parkinsonii im Zustande der Ruhe, mit zusammengelegten Armen; 6. Längsschnitt durch den Kelch und das obere Ende des Stieles, die 3 obersten Platten sind die ersten Radialen dreier Arme; 7. Ceratites nodosus von der Seite; 8. derselbe von unten; 9. Posidonia Bronnii; 10. Nerinea suprajurensis, die untere Hälfte der Schaale und daneben der Durchschnitt einer Windung; man sieht zwei Falten von der Spindel und eine an der Wand, wie in der Mündung; 11. Gryphaea arcuata; 12. Myophoria vulgaris, Steinkern von der Seite, man bemerkt den am Umfange verlaufenden Mantelsaumeindruck, und an den Enden desselben die beiden Muskeleindrücke.

sich hier nicht bloß mit den meisten der lebenden Gattungen, sondern auch mit anderen, die lebend nicht mehr vorkommen (Salenia, Galerites). Von Asteroideen trifft man in der Kreide dieselben Genera, welche schon im

Jura auftreten, aber ihre Artenzahl vergrößert sich; dagegen nehmen die Crinoideen entschieden an Menge ab. Indeß die gestielten Hauptformen des Jura, Apiocrinus und Pentacrinus, bleiben ihr noch, und dazu kommt wahrscheinlich eine neue eigenthümliche Gattung Glenotremites, deren Kelch nur in Trümmern bekannt ist. Ungestielte Haarsterne treten nicht bloß als Comatulae auf, sondern auch mit einer ganz anomalen, leider noch ungenügend bekannten Gattung Marsupites; anomal nämlich insofern, als ihr Kelch getäfelt ist, aus einem einfachen Becken, fünf Parabasen und zwei Reihen alternirender Radiale besteht, von denen die oberen in der Mitte je einen dünnen, zur Zeit noch unbekannten Arm trugen. Wenn diese Bildung, welche aus Bruchstücken gefolgert wurde, sich als richtig erkannt ausweist, so wäre Marsupites einer der sonderbarsten unter den Crinoideen. —

Das ungeheure Heer der Mollusken in den drei Hauptabtheilungen der secundären Formation zu überblicken, ist eine schwierige, mit wenigen Worten unlösliche Aufgabe; wir verweilen daher bloß bei den größeren Gruppen und ihren wichtigsten Repräsentanten. In der Trias ist der nach ihnen benannte Muschelkalk die Hauptfundstätte. Viele lebende Gattungen von Muscheln erscheinen in damaligen abweichenden Repräsentanten, doch finden sich auch untergegangene Formen, wie Posidonomyia, die wir schon früher (S. 399) kennen lernten, und Myophoria (Fig. 12), der Vorläufer des späteren Geschlechts Trigonia (Lyriodon). Die Brachiopoden sind im Ganzen weniger formreich und die älteren Gestalten, z. B. Productus, fehlen ganz, während die Delthyris-Arten bis auf eine (Spirifer fragilis) geschmolzen sind. Die Schnecken bieten nichts Auszeichnendes dar; aber die Cephalopoden erscheinen wie früher neben untergegangenen auch mit heutigen Gattungen, theils als Acetabuliferen, von denen man jedoch nur die schnabelförmigen Zähne (Rhyncholithus und Conchorrhynchus) kennt, theils als Tentaculiferen, sowohl Nautileen (Naut. bidorsatus, N. gigas und N. nodosus), als auch Ammoniteen, deren Hauptrepräsentant, Ceratites nodosus (Fig. 7, 8), zwar wellenförmige Scheidewände zwischen den Kammern mit Sätteln und Loben, aber noch keine tiefen Lappen an den Wellen, sondern nur kurze Zähne an den Loben besitzt, daher wir ihn mit gutem Grunde zu einer besonderen Gattung (Ceratites) erheben. Dergleichen Ammoniteen gehören dem Muschelkalk und zum Theil noch der Kreide an (S. 405); sie bilden ein hübsches Zwischenglied zwischen den älteren einfach geknickten Goniatiten und den späteren, im Muschelkalk noch nicht aufgefundenen Arten mit vielfach kraus gezackten Scheidewänden aus dem Jura und der Kreide. — Im Jura ändert sich zwar die spezifische Differenz, allein der allgemeine Organisations-Charakter bleibt ungeändert; zahlreiche Brachiopoden kommen vor, gehören indeß mehr den noch lebenden Gattungen an. Die Producten fehlen, wie fortan immer, und von Delthyris erscheinen die letzten Repräsentanten, als Spirifer rostratus und

Orthis truncata. Unter den Muscheln ist Gryphaea (Fig. 11), eine den Austern verwandte Gattung, besonders häufig und im unteren Lias stellenweis so gemein, daß sie zur Bezeichnung seiner Schichten als Gryphitenkalk Veranlassung gab. Ueber ihnen bildet im oberen Lias eine andere Conchylie, Posidonomyia Bronnii (Fig. 9), die Hauptleitmuschel. Weiterhin ist in der mittleren Region des unteren Oolith besonders die Trigonia costata eben so häufig und charakteristisch. Alle drei Gattungen sind für den Jura ziemlich bezeichnend, denn die erste findet sich nur in einer Art lebend, die zweite über dem Jura nicht mehr, die dritte dagegen zwar noch mehrmals in der Kreide, aber ebenfalls nur mit einer einzigen Art in der Gegenwart. Die Schnecken spielen auch im Jura eine untergeordnete Rolle, sie werden jedoch zahlreicher und mannigfacher, namentlich erscheinen hier die ersten ächten Zoophagen (S. 336) in den Gattungen Strombus und Nerinea, deren schon früher (S. 219) als einer Leitform für die obersten Juraschichten gedacht wurde. Die Benennung Nerinenkalk gründet sich auf die Häufigkeit der N. suprajurensis (Fig. 10) in dieser Schicht. An ihrer langen schraubenförmigen Gestalt ist die Gattung leicht zu erkennen. Die in ihrer Gesellschaft vorkommende Gattung Diceras ist eine Muschel, deren Buckel sehr auffallend lang und spiralig eingerollt ist; sie existirt in der Gegenwart nicht mehr, findet sich aber noch in der Kreide. Von den Cephalopoden erscheinen die Acetabuliferen besonders unter der ausgestorbenen Belemnitenform, die Tentaculiferen als Ammoniten. Die sogenannten Donnerkeile (Belemnitae) sind höchst merkwürdige, länglich kegelförmige, bisweilen auch kolbige, am einen Ende trichterartig ausgehöhlte Gestalten, deren thierischen Ursprung man freilich nicht bezweifelte, obwohl man die thierische Gruppe, der sie angehörten, nicht erkannte, und die Art, wie sie mit dem Thier zusammenhingen. In neuerer Zeit hatte man, auf Beobachtungen von Owen gestützt, angenommen, daß an den länglich kegelförmigen, krystallinisch strahlig gefügten Belemniten, welcher in dem hohlen Raume seines offenen Endes, der Alveole, eine gekammerte Polythalamienschaale trägt, eine lange, schmal spatelförmige Rückenplatte, dem Rückenschilde der Sepien analog, angefügt war. Auf der dadurch gebildeten, nach unten freilich größtentheils freien Kammer des Alveoliten sollte ein mit 10 Armen, 8 kurzen nebst 2 langen, und Dintenbeutel versehenes Thier gesessen haben, dessen ganze Bildung an die von Sepia erinnert, das aber, gleich den lebenden Onychoteuthen, an den Armen hakige Krallen trug. Ein fleischiger Mantel, der sich in seitliche Flügel ausbreitete, umhüllte das Rückenschild, welches ihm selbst als Stütze diente, während eine weiche Oberhaut wohl über den späthigen Belemnitenkegel sich ausbreitete. Andere Beobachter (Quenstedt) stellen jedoch die Verbindung des krallentragenden Thierkörpers mit dem Belemniten, als irrig, in Abrede und behaupten, daß die dem Belemnitenkegel angehörigen Geschöpfe noch gar nicht weiter, als in diesen Kegeln, bekannt seien. Wie

dem nun auch sein möge, die Belemniten erscheinen zuerst im Lias, namentlich die Arten ohne Längsfurche (z. B. B. digitalis), während im mittleren und oberen Jura die gefurchten Arten (B. semisulcatus, B. canaliculatus) auftreten. Sie bleiben durch alle Schichten der Kreide und verschwinden sodann von der Erdoberfläche. Keine Tertiärformation hat sie auf primitiver Lagerstätte. — Eine zweite merkwürdige Sepienform mit hakigen Krallen in den Saugnäpfen der Arme ist Acanthoteuthis (Celaeno), sie findet sich im lithographischen Schiefer.

Die Ammoniteen des Jura haben zuerst nicht bloß wellenförmig gewundene, sondern auch am Rande gezackte Scheidewände zwischen ihren

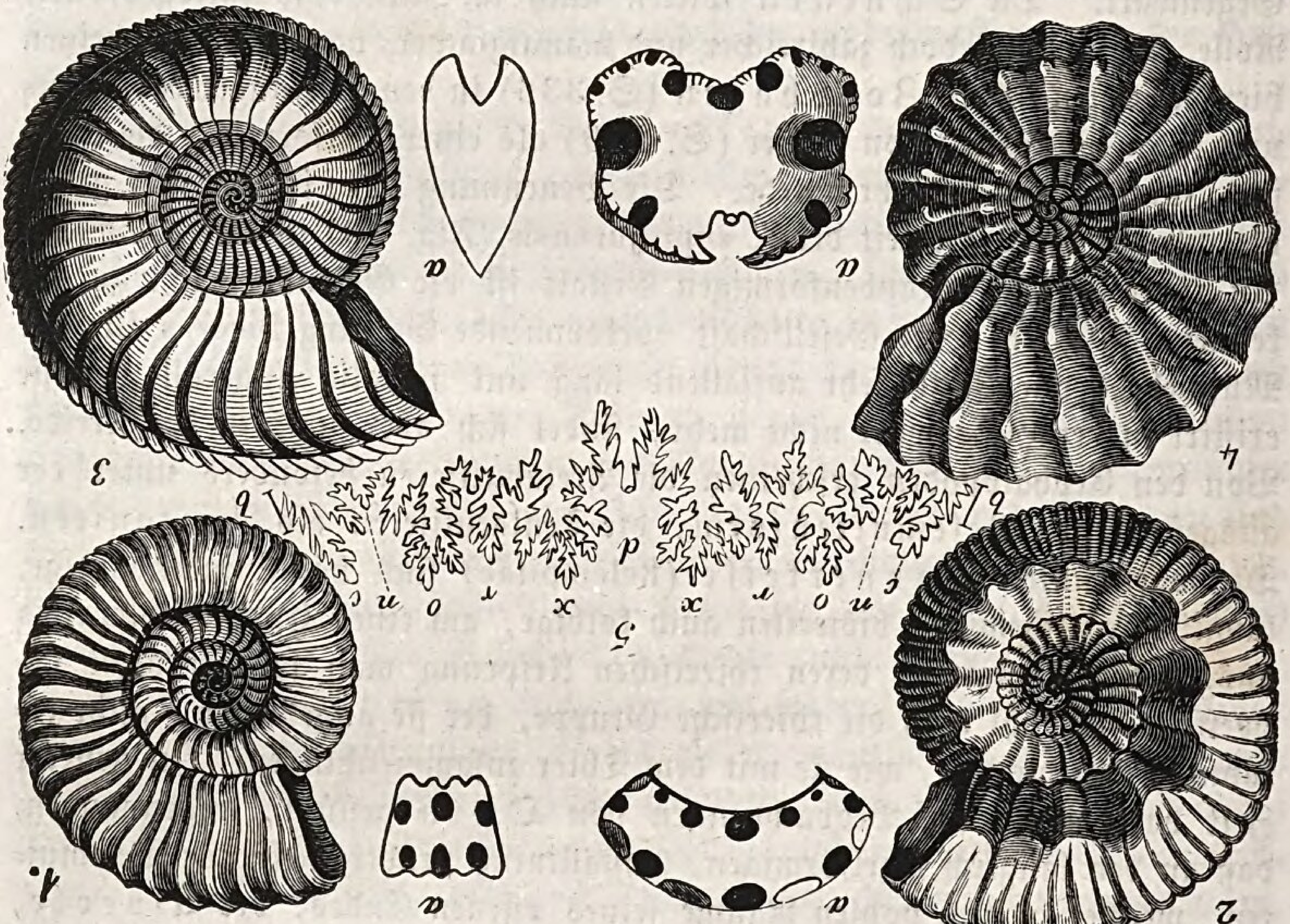


Fig. 1. Ammonites Bucklandi, a. Ansicht der Scheidewand; 2. Amm. coronatus, a. Scheidewand; 3. A. Amaltheus, a. Mündungsform; 4. A. Rhotomagensis, a. Scheidewand; 5. abgewickelte Randlinie der Scheidewand von A. Douaei, einer Art der Capricornen-Gruppe aus dem mittleren Lias; d. Dorsallobus mit dem Siphonalkegel; b. Mittellinie der Ventralseite, welche den schmalen Bauchlobus halbirt; c c. die Ventralsättel; n n. die Nahtloben mit dem kleinen Nahtsattel in der Tiefe, sie zeigen den Anfang der eingehüllten Bauchseite an; o o. und x x. die zwei Seitensättel, zwischen denen der Seitenlobus r r. liegt; er wird durch einen dritten kleinen Seitensattel in zwei merkwürdige Arme getheilt. Eben so viele Hauptloben und Sättel haben alle Ammoniten; erstere sind auf den Scheidewänden (a a a) als Vertiefungen, letztere als Erhebungen angedeutet.

Kammern und zeichnen sich dadurch sehr auffallend vor den älteren Goniatiten und Ceratiten aus. Sie zerfallen hier nach L. v. Buch's genauen Untersuchungen in eilf verschiedene Gruppen, von welchen sieben dem Jura ausschließlich angehören und zum Theil sehr bestimmt über einzelne Schichten desselben vertheilt sind. Auf den Lias sind die beiden Gruppen

der Arietes und Falciferi beschränkt, und zwar jene auf die unteren, diese auf die oberen Schichten desselben: dort ist Amm. Bucklandi (Fig. 1), hier Amm. depressus und radians eine sichere Leitmuschel. Dem mittleren Jura gehören die coronarii (Fig. 2) und capricorni an, im oberen verbreiten sich vom Oxfordthon an, den die ornati bewohnten, außerdem die armati, und die Amalthei (Fig. 3) erstrecken sich durch mehrere Juraschichten hindurch. So charakteristische Unterschiede von Gruppen aus einer und derselben Formation lassen noch sehr bestimmte und wesentliche Veränderungen in der Beschaffenheit des damaligen Zustandes der Erdoberfläche vermuthen und scheinen große, über Jahrtausende sich erstreckende Zeiträume, während welcher die Bildung mannigfacherer Niederschläge langsam fortschritt, sehr wahrscheinlich zu machen. — In Gesellschaft der Ammoniten des Jura, doch auch in älteren wie jüngeren Formationen, trifft man Kalkplatten, welche öfters an einer constanten Stelle im Innern der Ammonitengehäuse gefunden werden und aus zwei gleichen, völlig getrennten Hälften wie Muschelschaalen bestehen, deren Bau aber mehr an die inneren porösen Kalkplatten der Sepien erinnert. Unter dem Namen Trigonellites oder Aptychus hat man bereits viele Arten unterschieden. Ich halte diese Gebilde für innere Gerüststücke des Ammonitenthieres und glaube, daß sie in seiner fleischigen Körperwand an der Stelle steckten, wo dieselbe den Rand der Ammonitenschaale frei überragend, von außen nicht weiter durch dieselbe geschützt war. — In der Kreide wiederholen sich die Organisationsverhältnisse der Ammoniten noch weit greller. Zuvörderst gilt für die Muscheln und Schnecken dieser Formation dasselbe, was schon beim Jura erwähnt ist, ihre Repräsentanten nähern sich immer mehr den heutigen Verhältnissen in Zahl und Form der Gattungen wie Arten. Dagegen zeigen wieder die Brachiopoden und Cephalopoden ihre besonderen Charaktere. Von ersteren erscheinen die ächten Terebrateln mit mehreren der Kreide eigenthümlichen Gruppen; die gestreiften Typen, früherhin die häufigeren, nehmen ab, und finden sich seitdem nicht mehr; die glatten, welche mit dem Muschelkalk auftreten, nehmen zu, und existiren in correspondirenden Formen noch in der Gegenwart. Auch die lebenden Gattungen Crania und Thecidea kommen hier allgemein vor, von untergegangenen ausschließlich Magus. Am bezeichnendsten aber sind für die Kreideglieder, und zwar für die oberen Schichten der Neocomie und die unteren der wahren Kreide, die sogenannten Rudisten oder Hippuriten, kolben-, trichter- oder röhrenförmige Kalkgebilde, deren eine Seite Einbiegungen nach innen, oder von der innern Wand ausgehende Leisten zu haben pflegt, an dieser Stelle etwas flacher ist und dann mehr einen elliptischen oder halbkreisförmigen Umfang besitzt. Auf diesen Trichter paßt umgekehrt ein zweiter kürzerer, mehr oder weniger kegelförmig erhabener Deckel, welcher von der innern Oberfläche des ersten überall entfernt bleibt, und nirgends mit ihm in unmittelbarer Verbindung oder Berührung steht. Beide bestehen ihrem Gefüge nach aus

feinen sechsseitigen, wagrecht gestellten Röhrchen, die in Etagen, oft merklich abgesetzt, über einander liegen. Die Ansichten über diese räthselhaften Geschöpfe, von denen man bereits die Gattungen (Sphaerulites, Hippurites, Radiolites, Caprina, Ichthyosarculites oder Rhabdites) kennt, sind sehr verschieden; Einige rechneten sie zu den Muscheln, Andere gar zu den Polypen, doch scheint die von Goldfuß und d'Orbigny vorgetragene Ansicht, sie für Brachiopoden zu halten, die wahrscheinlichste zu sein. Sie finden sich bloß in der Kreide, und fehlen jüngeren wie älteren Schichten ganz. Unter den Cephalopoden herrscht ein ganz augenscheinlicher Parallelismus mit den Gebilden des Jura, doch pflegen die Gruppen der Kreide noch zahlreicher zu sein. d'Orbigny, welcher über diesen Gegenstand mit besonderem Fleiße gearbeitet hat, unterscheidet 92 verschiedene Arten in der Neocomie, 60 Arten im Gault und 52 in der eigentlichen Kreide; davon sind Belemniten in der ersten Schicht 18, in der zweiten 1, in der dritten keine ächten mehr, sondern statt ihrer erscheint eine abweichende Gattung, Belemnitella, mit 2 Arten; Nautileen finden sich im unteren Horizont 4, im mittleren 2, im oberen 10; Ammoniten in der Neocomie 73, im Gault 44, in der Kreide 27. Alle übrigen Arten gehören eigenthümlichen Gattungen der Ammoniteen an, welche sich durch die abweichende Windung der Schaale unterscheiden; dergleichen sind Crioceras, Hamites, Scaphites, Ptychoceras, Baculites und Turrilites. Die ächten Ammoniten vertheilen sich in 14 verschiedene Gruppen, wovon 4: die heterophylli, macrocephali, fimbriati und planulati, auch mit anderen Arten im Jura auftreten, aber 10 der Kreide eigenthümlich verbleiben; unter ihnen gehören die Rhotomagenses (Fig. 4) zu den jüngsten. Seitdem erloschen beide Formen, die Belemniten und Ammoniteen, ganz auf der Erde; denn weder in tertiären Formationen, noch in der Gegenwart finden sich Repräsentanten derselben. Wir glaubten daher unseren Lesern diese numerischen Details nicht vorenthalten zu dürfen, besonders weil sie über den Formenreichthum einer zwar nur kurze Zeit vorhanden gewesenen, aber doch so überaus mannigfaltigen Familie, deren älteste Repräsentanten den heutigen Verwandten entschieden näher kommen, als die jüngsten, im Kurzen sichere Aufschlüsse ertheilen.

Die Gliederthiere der secundären Formationen sind bei weitem nicht so zahlreich und bedeutungsvoll für das Alter der Schichten, aber dennoch nicht unwichtig für die Bestimmung des allgemeinen Organisations-Charakters. Zunächst verschwinden die Würmer ihrer weichen Körpermasse wegen überall, und bloß die Gattungen der Serpuleen, welche kalkige Röhren absondern, haben sich erhalten. Man findet von ihnen schon Spuren im Uebergangsgebirge, und eben so in allen jüngeren Straten; allein die unbestimmte Form dieser Röhren läßt keinen sicheren Schluß auf die Organisation der Geschöpfe zu. Die Krebse oder Crustaceen sind von größerer Bedeutung. Trilobiten, die Repräsentanten dieser Klasse in

der vorigen Periode, fehlen in der secundären Epoche ganz; dagegen erscheinen in ihr die ersten höheren Krebse mit constantem Numerus: doch vorzugsweise Thoracostraca oder Podophthalma mit unbeweglichem Kopf, fazettirten beweglichen Augen, gemeinsamem Brustpanzer und siebenringeligem Hinterleibe. Die ältesten aus dem bunten Sandstein gehören zu den langschwänzigen Decapoden (Macrura), sind aber nur in unvollständigen Resten bekannt; die nächsten aus dem Muschelkalk stammen von einer ausgestorbenen Gattung Pemphix, welche mit Palinurus am meisten verwandt war; aus dem Keuper kennt man Krebse noch nicht. Im Jura werden sie häufiger, zunächst wieder Macruren. Ihn durchzieht die Gattung Glyphea mit 9 Arten von unten bis oben; sie scheint der heutigen Gattung Nephrops nahe zu kommen. Am häufigsten ist Eryon mit 13 verschiedenen Arten im lithographischen Schiefer, und Mecochirus mit 5, dem Pterochirus mit 3 Arten nahe steht. Letztere beide gehören zu den Caroideen oder Garneelen, die andern zu den Astacinen oder ächten Krebsen. In eben dieser Schicht erscheinen auch die ersten Stomatopoden, nämlich Urda; und der noch heutiges Tages in höchst ähnlichen Arten vorhandene Limulus, der Repräsentant einer eigenthümlichen Familie. Die Kreide behält von diesen Gruppen nur die Macruren in mehreren unvollständiger bekannten Arten, und bringt die ersten Brachyuren hinzu. Außerdem erscheinen in ihr auch Cirripedien, anomale Krebsformen der ersten Hauptabtheilung oder Ostracodermen, welche in kalkigen Gehäusen stecken, und noch jetzt in Menge unsere Meere bewohnen. Arachniden gehören überall zu den Seltenheiten, sie treten zwar im lithographischen Schiefer des Jura auf, allein in der Kreide fehlen sie wieder. Ganz eben so verhalten sich die ächten Insekten; weder in der Trias noch in der Kreide sind sie vorhanden, und im Jura finden sie sich nur im Lias und den lithographischen Schiefern, deren Bildung in einem mehr abgeschlossenen ruhigen Meerbusen keinem Zweifel unterliegt. Sie gehören den verschiedensten Gattungen an und stammen größtentheils von Arten her, die zufällig ins Wasser, dessen Niederschläge sie einhüllten, hineinfielen. Denn keins von ihnen ist ein Meerbewohner, da es ohne Zweifel damals so wenig, wie jetzt, wirkliche Meerinsekten in Menge gegeben hat. Libellen und Heuschrecken pflegen unter ihnen am kenntlichsten zu sein, und mit heutigen Formen in allen wesentlichen Bildungsverhältnissen übereinzustimmen.

Eine so große Analogie mit der Gegenwart fehlt bei den Rückgratthieren der secundären Formationen. Die Fische behalten anfangs noch ganz den Charakter, welchen sie in den Schichten des Zechsteins hatten, sind also Eckschupper; allein ihre generische und mithin auch ihre spezifische Differenz ändert sich. Zu den Ganoiden stellen sich die Gattungen Amblypterus, Saurichthys und Placodus, alle drei im Muschelkalk gefunden; zu den Knorpelfischen kommen drei der heutigen Gattung Cestracion

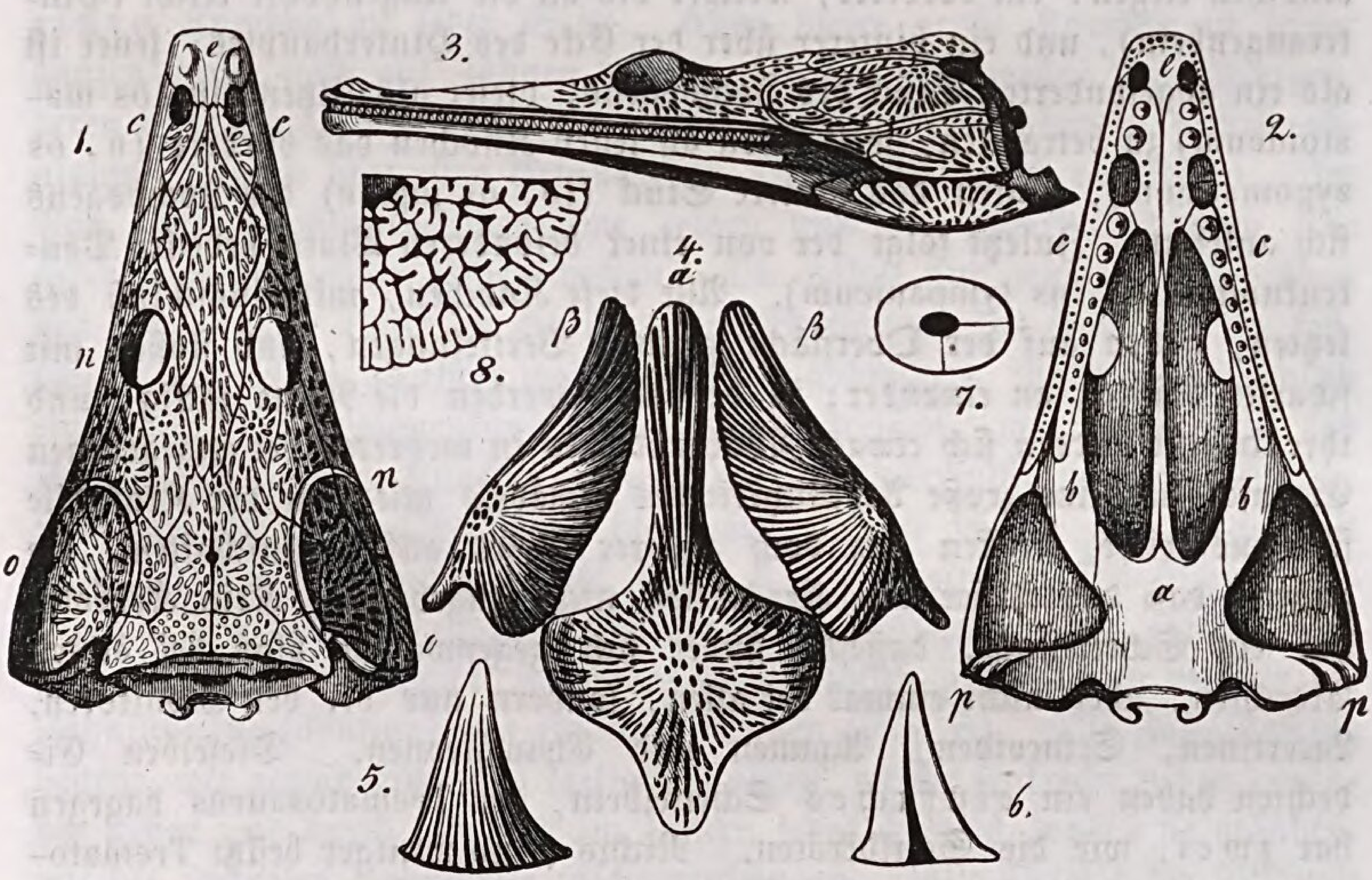
dem Zahnbau nach zum Theil ähnliche, schon früher berührte Gestalten: Psammodus, Acrodus und Hybodus. Im Jura verfolgen wir dieselbe Organisationsrichtung weiter, es entwickeln sich noch vorzugsweise Eckschupper, allein mit anderer und zwar homocerker Schwanzflosse (z. B. Lepidotus), die oben und unten gleichmäßig wie bei den meisten heutigen Fischen gebildet ist. Auch hier scheinen alle Gattungen Bauchflosser zu sein, wenn gleich der Abstand zwischen Brust- und Bauchflosse mitunter viel kürzer wird. Bei mehreren Gattungen ist übrigens die obere Schwanzspitze noch etwas mehr hervorgehoben als die untere; bei den anderen abgerundet, wie jetzt gewöhnlich. Neben ihnen kommen auch Zähne von Placoiden, wenigstens im Lias, vor, die ähnlichen Gattungen wie Acrodus und Hybodus anzugehören scheinen, im Ganzen aber durch stumpfere, gröbere Seitenzacken von den bisher spitzer geformten Haupttypen abweichen. In der Kreide zeigen sich gleichfalls Eckschupper, aber überwiegend sind in ihr die Knorpelfische, zumal die Haye, deren Zähne den jetzt lebenden Formen sich mehr nähern; die Wälderschichten enthalten die ersten entschiedenen Süßwasserfische, namentlich Welse. Im Ganzen sind jedoch die Fische dieser Formation noch nicht genügend bekannt. —

Am wichtigsten endlich und am bezeichnendsten für das organische Leben in der höheren Thierwelt sind die Amphibien der secundären Epoche, daher wir bei ihnen länger, als bei den übrigen Gruppen verweilen. — Wir haben gesehen, daß die ältesten Geschöpfe dieser Klasse aus dem Zeitraume der Steinkohlen und des Zechsteins zweien verschiedenen Typen angehörten, nämlich entweder den Labyrinthodonten, oder den Lacertinen. Erstere stellen einen sehr sonderbaren, völlig erloschenen Gruppenbegriff dar; letztere ähneln unseren heutigen Eidechsen, und entfernen sich durch keine überraschende Paradoxie von der Gegenwart in ihrem Typus, so weit wir ihn kennen. Das Alles gilt in gleicher Weise von den Amphibien der Triasglieder; denn außer einigen neuen, den Lacertinen angehörigen (Cladyodon, Rhynchosaurus [4]) Formen, deren Reste nur sehr wenig bekannt sind, finden sich andere, ausgestorbene Arten, welche theils die Labyrinthodonten-Gruppe mit merkwürdig gewundener Zahnsubstanz und doppeltem Gelenkkopfe am Hinterhaupt (wohin Trematosaurus, Mastodonsaurus, Metopias, Capitosaurus) bilden; theils als Seedrachen (Halidracones) mit flossenförmigen Gliedmaßen, einfachem Gelenkkopf am Hinterhaupt und verlängertem Halse beschrieben werden. Beide Familien haben, wie alle Amphibien der secundären Epoche, nur ebene oder concave Gelenkflächen der Wirbelkörper. Die Labyrinthodonten scheinen

---

4) Die Gattung Phytosaurus, welche ich früher hier anführte, gründet sich nach den neuesten Untersuchungen nicht auf wirkliche fossile Thierreste, sondern nur auf Abdrücke der inneren Kiefer- und Zahnhöhlen, und muß aus der Liste der fossilen Geschöpfe gänzlich gestrichen werden.

nicht bloß die merkwürdigsten, sondern auch die ältesten aller untergegangenen Amphibien zu sein, denn für ein Mitglied dieser Gruppe muß ich den Archegosaurus Decheni halten, dessen Schädel kürzlich im Saarbrücker Kohlenrevier gefunden wurde. Ihr Kopf, der allein näher bekannte Körpertheil, gleicht im Allgemeinen dem der gemeinen Eidechse (Lacerta), aber genauer untersucht, weicht er in vielen Punkten von dem Bau der lebenden Eidechsen sehr wesentlich ab. In der Abbildung habe ich mich bemüht, seine Gestalt nach Exemplaren der Gattung Trematosaurus, welche ich selbst untersuchen konnte, zusammenzustellen, und will, zur Erklärung meiner Zeichnungen, etwas näher auf die Bildung desselben eingehen. Die Ansicht von oben (Fig. 1) zeigt eine abgeplattete, jeder Seits von einer scharfen Randkante begrenzte Scheitelfläche, neben welcher die Kopfseiten unter einem stumpfen Winkel abfallen. Vorn an der Schnautzenspitze erkennt man die großen ovalen Nasenlöcher, und zwischen ihnen den kleinen einfachen Zwischenkiefer (e). Die Gegend von den Nasenlöchern bis zum Auge ist an den meisten Exemplaren zertrümmert, und konnte nur mit vieler Umsicht



Trematosaurus Braunii, aus dem bunten Sandstein von Bernburg.

Fig. 1. Schädel von oben; 2. von unten; 3. von der Seite; 4. Kehlplatten; 5. dritter Gaumenzahn in natürlicher Größe; 6. Längsschnitt desselben; 7. Querschnitt; 8. ein Viertel des Querschnitts, stark vergrößert.

aus mehreren Resten hergestellt werden. Trematosaurus hat so gut, wie die übrigen Labyrinthodonten, eine Sförmige Furche an jeder Seite zwischen Nasenloch und Auge, aus deren Verein die sogenannte B r i l l e entsteht.

Die Oberkieferknochen (cc) verbreiten sich nur sehr wenig nach innen, sie erstrecken sich vielmehr als schmale Randkante weit nach hinten, und enden erst am Mundwinkel. Zwischen ihnen liegen gleich hinter den Nasenlöchern die breiten und ziemlich langen Nasenbeine, an welche ein eben so langes schmales, die untere Ecke des Augenlochs erreichendes Thränenbein sich anschließt. Neben demselben tritt nach innen zu das Vorderstirnbein auf, und zwischen beiden, getrennt vom Augenhöhlenrande, die Hauptstirnbeine, zwei sehr lange spitze Knochen, deren Grenze ich eben so genau verfolgen konnte, wie die Begrenzung der übrigen Knochen am Scheitel, an den Schläfen und dem Hinterkopf. An die Hauptstirnbeine stoßen seitlich die langen schmalen hinteren Stirnbeine, welche einen Theil der Augenhöhle bilden, und darauf folgen, gegen die Mitte hin, zwei Scheitelbeine, deren Naht von einem runden Loch unterbrochen wird. Noch weiter nach hinten, am Rande des Kopfes, erscheint die obere Decke des Hinterhauptsbeines. An dasselbe, an das Scheitelbein und das hintere Stirnbein grenzt das Schuppenschläfenbein (os temporale squamosum), neben dem zwei andere Knochen liegen: ein vorderer, welcher bis an die Augenhöhle reicht (Hinteraugenbein), und ein hinterer über der Ecke des Hinterhauptes; jener ist als ein abgesondertes Stück des Jochbogens, dieser als Zitzenbein (os mastoideum) zu betrachten, weil vorn an jenen Knochen das vordere (n, os zygomaticum), hinten das hintere Stück ((o, os jugale) des Jochbogens sich anlehnt. Zuletzt folgt der von einer besonderen Platte bedeckte Paukenknochen (p, os tympanicum). Alle diese Knochen, mit Ausschluß des letzten, haben auf der Oberfläche grubige Vertiefungen, und stoßen mit scharfen Nähten an einander; in der Tiefe werden die Nähte zackig, und ihre Umrisse ändern sich etwas. Während nun in mehreren der angegebenen Eigenschaften eine große Aehnlichkeit des Schädels mit dem der Krokodile sich ausspricht, treffen wir doch anderer Seits auf Eigenschaften, die zeigen, daß das Thier den Krokodilen nicht angehörte. Kein Krokodil hat ein Scheitelloch, dasselbe findet sich gegenwärtig bloß bei ächten Eidechsen, aber nicht einmal bei allen, sondern nur bei den Monitoren, Lacertinen, Scincoiden, Agamen und Chamäleonen. Dieselben Eidechsen haben ein einfaches Scheitelbein, der Trematosaurus dagegen hat zwei, wie die Schildkröten. Nichts desto weniger besitzt Trematosaurus einen einfachen Zwischenkiefer, wie die Eidechsen, und nicht zwei, wie die Krokodile und die meisten Schildkröten. Mit letzteren harmonirt endlich Trematosaurus im Bau der Schläfengegend am meisten, namentlich in der auffallenden Ausbildung des Jochbogenapparates, der stets bei allen Eidechsen und selbst bei den Krokodilen viel schmäler und schwächer gebaut ist; sein Jochbogenapparat übertrifft aber noch den der Schildkröten, in so fern er die ganze Schläfengrube überwölbt, was bei keinem lebenden Amphibium der Fall ist. Dieser Umstand bezeichnet die Labyrinthodonten ausschließlich. Wenden wir aber den Schädel um und betrachten ihn von

unten (Fig. 2), so erhöht sich die Mischung der verschiedenartigsten Amphibiencharaktere, welche den typischen Kern der ganzen Labyrinthodontenbildung ausmacht, zu einer wahrhaft erstaunenswürdigen Ausdehnung. In der Hauptsache bleibt zwar die Eidechsengrundform stehen, allein es verbinden sich damit Froschcharaktere und selbst Fischbildungen. Als solche lassen sich zuvörderst die ungemein zahlreichen kleinen feinen kegelförmigen Zähne (ich zählte 60—70 an jeder Seite) betrachten, welche auf der etwas erhöhten, merkwürdig schmalen Fläche des Kieferknochens (cc) sitzen; denn keine lebende Eidechse hat mehr als 25 Kieferzähne an jeder Seite, und die meisten haben weniger. Sieht man aber vollends das unmittelbar an den Kieferknochen stoßende Gaumbein (bb) an, so weiß man in der That nicht, welche seiner verschiedenen Eigenschaften die sonderbarste ist, so eigenthümlich erscheint es. Bei allen Eidechsen, auch bei den Krokodilen, besteht die knöcherne Gaumendecke aus mehreren Knochen, von denen zwei, das vordere Gaumenbein (os palatinum) und das hintere Flügelbein (os pterygoideum), immer vorhanden zu sein scheinen. Eine solche Trennung findet sich bei Trematosaurus nicht; seine Gaumendecke enthält nur einen Knochen an jeder Seite. Eben dieser große Knochen ist seiner ganzen Länge nach mit Zähnen besetzt, vorn mit sehr großen kegelförmigen, deren Größe bis gegen die Gaumlöcher wächst, dann aber so schnell abnimmt, daß die hintersten kleinsten den Kieferzähnen noch nachstehen. Im Bau dieser großen Gaumenzähne zeigen nun die Labyrinthodonten eine ihrer hauptsächlichsten Eigenschaften. Die Zähne sind wurzellos und sitzen mit ihrer flachen Basis in einer leichten Vertiefung des Knochens so fest, daß sie nur selten an ihrer wahren Grenze abbrechen, sondern gewöhnlich ein Stück des Gaumenknochens mit herausreißen, wo denn statt des Zahnes ein Loch im Knochen bemerkt wird. Untersucht man sie schärfer, so zeigt sich ihre Oberfläche bis nahe an die Spitze hinauf gestreift (Fig. 5) und ihr Inneres hohl (Fig. 6), von einer dicken Wand umgeben. Diese Wand ist in wellenförmige Falten gelegt und enthält noch schmale Lücken, welche die sonderbar labyrinthisch gewundenen Blätter der Zahnsubstanz (dentina) von einander trennen (Fig. 8). Die Zahnsubstanz besteht, wie gewöhnlich, aus kalkigen Röhren, welche senkrecht neben einander stehen und durch die Lücke im Innern jedes Blattes, wohin sie münden, mit der centralen Zahnhöhle zusammenhängen. Alle Details der Bildung zu erläutern, erlaubte mein Holzschnitt nicht; wir sehen daher in Figur 8 nur die ganzen gewundenen Blätter der Dentine mit ihrer inneren offenen Höhlung, aber die davon ausgehenden senkrechten Kanälchen, welche die Wände der Zahnsubstanz durchdringen, sind nicht mehr angegeben. Eben so wenig konnte das von außen zwischen die Windungen der Dentine eindringende Cement gezeichnet werden. Zähne von ähnlicher Bildung hat kein anderes Amphibium; erst unter den Fischen trifft man bei den Coelacanthinen auf Zahnbildungen, die äußerlich ganz und im Innern sehr denen

der Labyrinthodonten ähneln; von Amphibienzähnen kommen die Ichthyosauren ihnen am nächsten, aber schon gleich die lange hohle Wurzel, welche bei den Labyrinthodonten vermißt wird, unterscheidet sie hinlänglich. Solche Zähne haben nur Labyrinthodonten, und darauf gründet sich ihr Familienname. Trematosaurus besitzt übrigens noch eine dritte, aus 5 kleinen Zähnchen bestehende Zahnreihe am Boden des Mundes (Fig. 2) neben den Choanen, und ist das einzige bisher bekannt gewordene Amphibium mit so vielen Zahnreihen; wenn man nicht die bürstenförmige Zahnstellung am Gaumen der Siren lacertina für etwas Aehnliches ansehen will. Auch das ist Fischanalogie, denn nur Fische haben mehrfache Zahnreihen am Gaumen. Hinter den Gaumenbeinen liegt das Grundbein (a, os basale), ein sehr großer, flach vertiefter Knochen, welcher fünf Aeste aussendet. Der mittlere unpaare Ast verlängert sich am meisten nach vorn, und stößt dort mit den Pflugscharbeinen zusammen, die großen Gaumenlöcher von einander trennend. Neben ihm entspringen zwei breite flache Aeste, welche sich von oben her auf die hinteren Enden der Gaumenbeine auflegen und hier die Gaumenlöcher begrenzen. Diese drei Theile entsprechen der in der Jugend selbstständigen vorderen Hälfte des Grundbeins der Eidechsen, oder dem Keilbein (os sphenoideum); die darauf folgende hintere breiteste Hälfte, welche zwei starke Aeste nach links und rechts absendet, ist der Körper des Hinterhauptes (os occipitis), dessen seitliche Flügelfortsätze bei allen Amphibien den Trageapparat für den Unterkiefer, welcher entweder allein vom Paukenknochen (bei den Eidechsen) oder zugleich mit vom Jochknochen (bei den Krokodilen) gebildet wird, unterstützen. Das letztere war im höheren Grade bei den Labyrinthodonten der Fall. Zwischen den Flügeln treten unter dem großen Hinterhauptsloch die beiden getrennten, relativ kleinen Gelenkköpfe des Hinterhauptes hervor. Ihre Trennung ist allerdings höchst merkwürdig, allein deshalb die Labyrinthodonten für froschartige Geschöpfe halten zu wollen, scheint mir nach der Gesammtbildung ihres Kopfes nicht gerechtfertigt. Freilich sind sie eben so wenig wahre Eidechsen, selbst wenn sie ein Thränenbein besitzen; sie sind vielmehr nur Amphibien, welche eine durchaus selbstständige Gruppe darstellen, und Eigenheiten zeigen, eben so groß, wie die der Ichthyosauren, deren Einverleibung in eine bestehende Gruppe des heutigen Systems der Amphibien gleichfalls nicht erlaubt ist. Das bestätigt auch der Unterkiefer. Zwar gleicht er im Ganzen dem Unterkiefer einer Eidechse, allein seine viel schlankere Form erinnert an den Ichthyosauren-Habitus, während die Anwesenheit eines Paares großer Fangzähne am Ende hinter den eigentlichen Kieferzähnen ganz beispiellos dasteht. Wer kann es bezweifeln, daß diese großen spitzen, die Gaumenzähne an Schlankheit der Form übertreffenden Zähne den Oberkiefer bei geschlossenem Maule durchbohrten, wie es ihre Höhe verlangt; und allerdings greifen sie in ein Paar tiefe Gruben an der Spitze des Gaumens hinein. Vielleicht waren diese Gruben oben geöffnet, und aus ihnen ragten die Spitzen der Fangzähne

hervor. Wie gewagt auch eine solche Annahme lauten mag, sie ist nothwendig wegen der Länge der Zähne, und wird durch eine von Herrn Plieninger gelieferte Abbildung, welche den Unterkiefer des Mastodonsaurus noch in seiner natürlichen Lage zeigt, als richtig bewiesen. So viel läßt sich vom Kopfe der Labyrinthodonten sagen; ich muß fürchten, meine Leser zu ermüden, wollte ich auch die übrigen Reste ihres Körpers besprechen, und begnüge mich mit der Andeutung, daß ihr Rumpf von feinen hornigen Ziegelschuppen bedeckt war, und an der Kehle drei große Knochenplatten (Fig. 4) trug, deren Oberfläche eine gleiche grubig-streifige Skulptur mit den Kopfknochen besaß [5]). Die Schlankheit des Kopfes läßt einen eben so schlanken Körperbau vermuthen, dem wahrscheinlich ein langer Schwanz nicht fehlte. Die Gliedmaßen waren ohne Frage kurz, wie gewöhnlich bei Amphibien, aber kräftig, und die Zehen vielleicht nicht so lang, wie bei den Eidechsen, sondern kürzer, plumper, ähnlich denen der Sumpfschildkröten. Dafür sprechen gewisse Fußtapfen, welche man auf Gesteinsschichten angetroffen hat, in denen die Labyrinthodontenknochen vorkommen; wir wollen sie jedoch jetzt nicht weiter in Betracht ziehen, sondern erst am Schluß des Abschnittes besprechen, hier genügt uns die Feststellung der Labyrinthodonten nach ihrem Knochenbau als eine Familie der Amphibien, deren Einordnung ins System der gegenwärtig lebenden Gestalten unmöglich ist, weil sie Typen in sich vereinigt, die heutiges Tages als sehr wesentliche Gruppenunterschiede über die Schildkröten, Krokodile, Eidechsen und Frösche oder Salamander zugleich vertheilt sind. Ihre Gesammtform aber scheint eidechsenartig gewesen zu sein, gleich der von Ichthyosaurus, ihre Fußbildung dagegen plumper. Vermöge des Schuppenkleides sind sie den bedeckten, wegen des doppelten Condylus am Hinterhaupt den nackten Amphibien verwandt.

Wir haben uns lange bei den Labyrinthodonten aufgehalten, weil es galt, aus wenigen Resten das ganze Bild des Geschöpfes herzustellen und den Leser durch eignes Einführen in den Gang einer solchen Untersuchung zugleich von der Schwierigkeit wie Löslichkeit der gestellten Aufgabe zu überzeugen. In dieser Beziehung die erstere nicht scheuend, um die zweite zu erreichen, faßten wir die Labyrinthodonten ganz besonders deshalb ins Auge, weil ihre Mitglieder die ältesten Landbewohner unter den Rückgratthieren waren, und als Zeugen einer völlig eigenthümlichen Thierfamilie die Glieder der Triasgruppe durch ihre Reste vorzugsweise charakterisiren. Oberhalb des Keupers giebt es keine Labyrinthodonten mehr, sie starben aus, als die nicht minder merkwürdigen Belemniten und Ammoniten die Oberfläche unseres Erdballs zum ersten Male bevölkerten; aber gleichzeitig

---

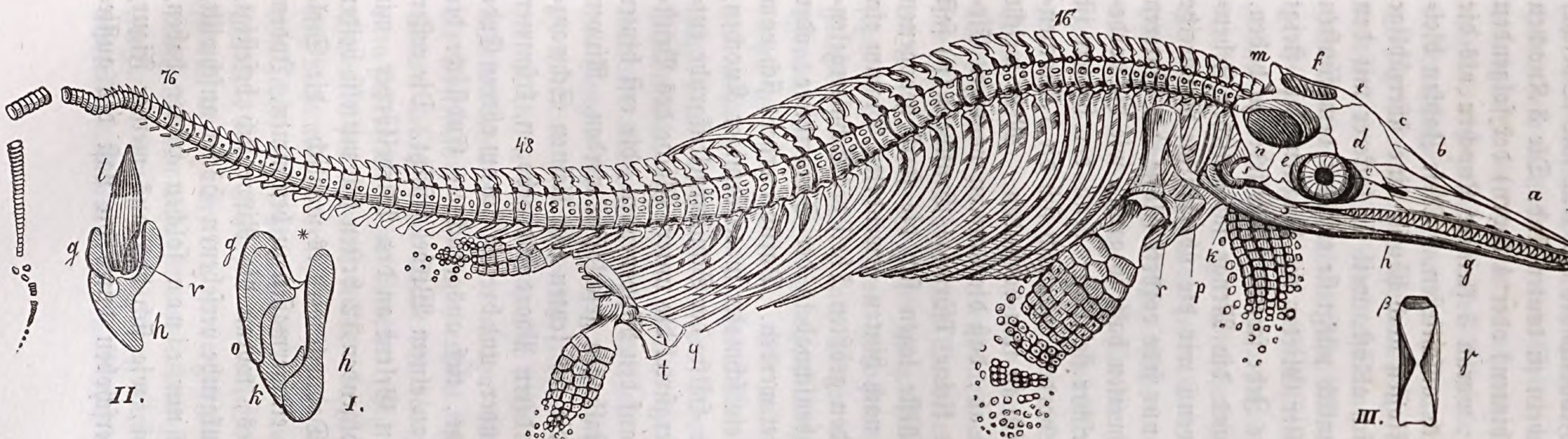
5) Meine Figur 4 stellt die drei Knochenplatten zwar in natürlicher Richtung, aber aus einander gelegt dar; die mittlere (α) lag hinten auf dem Brustbein und reichte mit der Spitze bis zwischen die Unterkieferäste, die seitlichen ($\beta\,\beta$) umfaßten die Halsseiten.

mit ihnen lebten noch andere merkwürdige Amphibien: die Seedrachen oder Halidrakonen, als die ältesten Vorbilder der späteren Meereidechsen oder Enaliosauren, von denen sie wohl nur generisch sich unterscheiden. Man kennt freilich ihre Reste nicht so genau, wie das Knochengerüst der Ichthyosauren; aber besser und vollständiger, als das der Labyrinthodonten, ist es uns erhalten. Im Ganzen herrschte die Bildung von Plesiosaurus bei ihnen vor, namentlich in dem langen Halse und der Erweiterung des mit viel größeren Zähnen versehenen Schnautzentheiles am Kopfe; allein die Zähne selbst sind anders gebaut, die Alveolen getrennt und die Gaumenfläche, obgleich zahnlos, doch dem Typus der Labyrinthodonten nicht unähnlich. Auf der Rückenseite ist ihr Schädel an dreien Paaren großer Löcher (Nasenlöcher, Augenhöhlen und Schläfengruben) hinter einander, die von vorn nach hinten an Ausdehnung zunehmen, leicht zu erkennen. Der einfache Gelenkkopf am Hinterhaupt wurde schon erwähnt. Nach der Form der Zähne, die sich am besten erhalten haben, unterscheidet man mehrere Gattungen (Nothosaurus, Dracosaurus, Conchiosaurus) aus dem Muschelkalk. — Dieselbe doppelte Entwickelung des Amphibientypus, welche die Triasgruppe enthält, findet sich ausgezeichneter im Jura wieder, und erreicht in ihm ihre höchste Blüthe, endet aber auch bald hernach ganz. Denn während auf der einen Seite die Eidechsen sich wiederholen und Krokodile, sogar Schildkröten, sich ihnen beigesellen, wodurch augenscheinlich der gegenwärtige Entwickelungsgang in seinen Haupttypen klar hervorblickt, treten neben ihm die paradoxen Seedrachen in neuen und weiter fortgeführten Repräsentanten auf. Diese Geschöpfe, ohne Zweifel die merkwürdigsten, welche die Erde je hervorgebracht hat, jene früher betrachteten Labyrinthodonten vielleicht ausgenommen, bedürfen daher einer ausführlichen Berücksichtigung. Im Allgemeinen den Krokodilen in der Kopfbildung nicht unähnlich, sind sie von ihnen durch die Lage der Nasenlöcher am hinteren Ende des Gesichtes dicht vor den Augen, durch die in einer gemeinsamen Furche steckenden Zähne, den großen knöchernen Augenring und die Form des Gaumengerüstes wesentlich verschieden. Besonders aber weichen sie durch die concaven Berührungsflächen ihrer kurzen fischförmigen Wirbel, deren sehr große Zahl, die unverbundenen, bloß angefügten Dornfortsätze, die nach oben schwach entwickelten Extremitätengürtel, und die flossenförmigen Bewegungsorgane, deren Zehenglieder in unbestimmter Menge auftreten, während zugleich die Ober- und Mittelglieder sehr verkürzt sind, von dem Typus aller lebenden Amphibien ab. Der Verein dieser Eigenschaften an demselben Geschöpf ist es besonders, was uns überrascht, nicht das einzelne Merkmal für sich; denn zu allen haben wir lebende Correspondenten. Die Lage der Nasenlöcher erinnert an die Vögel, und kommt in gesteigertem Grade bei Walfischen vor; der Knochenring im Auge findet sich eben so bei Vögeln und analog, als einfacher Ring bei Walfischen. Die concaven Gelenkflächen der Wirbel sind Eigenheiten aller nackten Amphibien mit bleibenden Kiemen, die große

Menge von Wirbeln erinnert an die Schlangen, und eben dahin weisen die schwachen Extremitätengürtel, während die Bildung der Gliedmaßen selbst ganz wie bei Walfischen ist. Endlich von der Zahnbildung zeigen die Delphine überraschende Aehnlichkeiten. So sind denn Salamander, Schlange, Krokodil, Vogelmerkmale und Walfischeigenschaften durch diese Geschöpfe zu einem einzigen und deshalb so sonderbaren Ganzen verbunden. Offenbar hat aber die Wirbelbildung das größte Recht, die Entscheidung der Affinität zu beanspruchen, und wenn dies zugegeben wird, so erscheinen die fraglichen Geschöpfe als Repräsentanten der nackten Amphibien, welche sich zu den lebenden Formen etwa so verhalten, wie die Krokodile unter den bedeckten zu den lebenden Eidechsen und Schlangen. Dafür nehme ich nun die Enaliosaurier ganz entschieden, und glaube, daß sich in ihnen der Walfischtypus so präformirt habe, wie in den Pterodactylen der Fledermaustypus vorgebildet zu sein scheint. Die Natur, von jeher nach möglichster Mannigfaltigkeit strebend, rief damals unter den Amphibien dieselben Modifikationen des Grundtypus hervor, welche sie gegenwärtig durch Anpassen an verschiedene Medien bei den Säugethieren uns dargestellt hat; sie wiederholte natürlicher Weise diese Modifikationen bei den Amphibien nicht, seit sie die Säugethiere gebildet hatte, und geeigneter zu einer solchen Darstellung finden mochte. Als aber die Säugethiere noch in Masse fehlten, als nur eine einzige, vielleicht nicht einmal das Land bewohnende Gattung die ganze Klasse vertrat, ward die zahlreichere Gruppe der Amphibien zu einer solchen Trägerin der möglichen Modifikationen erkoren. Das scheint mir der wahre Schlüssel zu sein, welcher uns die Räthsel ihrer Bildungsverhältnisse erschließen kann. Die Amphibien aus den Juraschichten zerfallen also in nackte Amphibien mit concaven Wirbelflächen ꝛc., und in bedeckte mit ebenen Wirbelflächen ꝛc. Zu jenen gehören die Enaliosaurier mit Flossen und die Pterodactylen mit Flugorganen. Erstere finden wir vorzüglich im Lias unter zwei Gestalten, als Ichthyosaurus mit großem Kopf, kurzem Halse und relativ kürzeren breiteren Flossen, und als Plesiosaurus mit kleinem Kopf, langem Halse und längeren schmäleren Flossen; beide sind bereits in mehreren Arten, die der letzteren Gattung aber nur aus England bekannt geworden.

Ichthyosaurus, die allgemeiner verbreitete Form, findet sich auf deutschem Boden besonders im fränkischen und schwäbischen Jura bei Banz und Boll, aber minder zahlreich und vollständig, als in England, weshalb ein englisches Exemplar zur Darstellung gewählt wurde. Die ganze Gestalt des Thieres ist aus der natürlichen Lage seines Skelets, wie es im Tode müßig dahin gestreckt vor uns liegt, deutlich zu erkennen; scheinbar ein 15 bis 20 Fuß langer Delphin mit 4 Flossen, dessen Schädel ziemlich ein Fünftel des ganzen Körpers einnimmt, also zwischen 3 und 4 Fuß mißt. Flach gebaut spitzt er sich vorwärts in eine lange Schnautze zu, deren Knochen fast ganz dem Zwischenkiefer (a) angehören, denn erst dicht vor dem

Auge zeigt sich das schmale spaltenförmige Nasenloch. Beide Kiefer sind auf ihren Rändern ausgehöhlt (Fig. I.) und tragen zahlreiche, kegelförmige gefurchte Zähne (l), welche mit dicken, hohlen, cylindrischen Wurzeln in der gemeinsamen Zahnfurche oder Alveole stecken. Unter ihnen wachsen stets neue (v) nach, um den Verlust abgenutzter zu ergänzen. Da, wo die Zähne hinten enden, zeigt sich am Oberkiefer die große elliptische Augenhöhle, und in ihr die vordere Hälfte des kreisrunden Augapfels, der aus 13 bis 17 Platten zusammengesetzte knöcherne Augenring. Von hieran wird der Schädel breiter und etwas höher, die Stirn steigt sanft gewölbt empor, und breitet sich nach hinten in den flachen Scheitel aus, dessen Mitte allein das schmale gekielte, vorn von einem Löchelchen durchbohrte Scheitelbein einnimmt; denn neben ihm gähnen die beiden großen ovalen Mündungen der Schläfengruben, hohle Räume, welche die kräftige Muskulatur zu Bewegung des starken und wegen seiner Länge besonders schwerfälligen Unterkiefers in sich aufnehmen. Nach außen sind diese Höhlungen vom Apparat des Schläfenbeins umgeben und nach hinten in der Tiefe auch zur Aufnahme der Gehörorgane bestimmt gewesen; der dicke plumpe Knochen, welcher den Unterkiefer trägt, bildet zugleich die vordere Grenze des Ohres (der Paukenhöhle), und heißt deshalb Paukenbein. Ein so langer, wenngleich nach hinten zumeist beschwerter, aber doch wegen seiner Größe zum Herabsinken geneigter Kopf bedurfte kräftiger Stützen, wenn er sicher getragen werden sollte; wozu nur ein kurzer dicker Hals behülflich werden konnte. Kaum läßt er sich auch als selbstständiger Theil vom Rumpfe sondern, er geht vielmehr unmittelbar in ihn über. So stützte eigentlich der starke, mehr hohe als breite, nur unten etwas abgeplattete, länglich spindelförmige Rumpf den Kopf unmittelbar. Die Anzahl seiner Wirbel ist ungemein groß, jeder einzelne Wirbel aber nur kurz, wie der Durchschnitt (Fig. III.), woran besonders die concaven Berührungsflächen bemerkt werden, am deutlichsten zeigt. Im Ganzen sind wohl immer mehr als 110, aber vielleicht nie mehr als 140 Wirbel bei den Ichthyosauren vorhanden; der abgebildete Ichthyosaurus intermedius, in England die gemeinste Art, scheint 126 bis 130 Wirbel gehabt zu haben. Davon kommen 45 auf den Bauchtheil des Rumpfes, also 81 bis 85 auf den Schwanz. Zur Bestimmung der Grenze zwischen beiden Körpertheilen dient die Lage des Beckens mit der hinteren Extremität; die vordere bezeichnet den Anfang der Rumpfhöhle, sie folgt dem Kopf fast unmittelbar. Beide Gliedmaßen sind flossenförmig und bestehen aus zahlreichen Knochen, die sich ganz auf die Knochen der höheren Wirbelthiere zurückführen lassen, indeß in den Zehenreihen die Zahlen der lebenden analogen Formen, wie z. B. der Walfischflossen, bei weitem übertreffen. Darin, wie in dem Auftreten accessorischer Randreihen, scheint eine Eigenthümlichkeit der tiefer stehenden Fische beibehalten zu sein. Jede Flosse hat einen derben Anfangsknochen, der gleichsam ihr Stiel ist, und vorn dem Oberarm-, hinten dem Oberschenkelknochen entspricht. Auf ihn



Ichthyosaurus intermedius aus dem Lyas von Lyme Regis in England.

Fig. I. Senkrechter Querschnitt des Unterkiefers in der Gegend des Auges, *Anfang der Zahnfurche oder Alveole; II. derselbe aus der Gegend des Nasenlochs; III. Durchschnitt eines Wirbelkörpers: γ. die vordere concave Fläche, β. der Höcker für den einen Schenkel des Wirbelbogens. Die übrigen Buchstaben bezeichnen folgende Theile: a. Zwischenkiefer; b. Nasenbeine; c. vordere Stirnbeine; d. Hauptstirnbein; e. hintere Stirnbeine; f. Schläfengrubenmündung; g. Zahnstück des Unterkiefers; h. Mittel- und Schlußstück desselben; i. Thränenbein; k. Eckstück des Unterkiefers; l. Zahn im Unterkiefer mit dem Nachwuchszahne v. darunter; m. Scheitelbein; n. Zitzenbein; o. Kronenstück des Unterkiefers; p. mittleres Brustbein, über ihm liegt das Schlüsselbein, welches nach oben an das Schulterblatt stößt; q. Schambein; r. seitliches Brustbein oder Rabenschnabelbein, über ihm liegt das Schulterblatt und zwischen beiden die Gelenkgrube für den Oberarm; s. hinteres Joch- oder Schläfenbein, vor ihm liegt das vordere Jochbein, hinter ihm der große Paukenknochen, welcher den Unterkiefer trägt; t. Sitzbein, über ihm liegt das Darmbein, welches mit Sitzbein und Schambein die Gelenkgrube für den Oberschenkel bildet. Die Zahlen 16, 48, 76 bezeichnen die gleichnamigen Wirbel, im Ganzen sind gegen 130 Wirbel vorhanden. —

folgen zwei Knochen, die am vorderen Flossenpaare als Elle und Speiche, am hinteren als Schienbein und Wadenbein zu deuten sind. Die 3 Knochen der nächsten Reihe umfassen mit den 3 (hinten) oder 4 (vorn) der folgenden Reihe das Fuß- und Handwurzelgelenk, woran 5 kleinere Knochen als die ersten Glieder der Zehen oder Finger sich anschließen. Diese Zahlen bleiben, doch gesellt sich an den vorderen Flossen noch häufig eine überzählige sechste Randreihe hinzu, welche leicht sich ablöst, weil sie lockerer mit den anderen Reihen verbunden war; gewöhnlich pflegt sie erst mit dem fünften Zehengliede zu beginnen. Die Zahl aller Glieder der längsten Zehe steigt höchstens bis auf 17, die kürzeste wahre Zehe scheint 13 Glieder zu haben, die Durchschnittszahl wäre also 15, und die Menge sämmtlicher Zehenknochen beliefe sich auf mehr als 90, wenn wir die überzählige Randreihe mitrechnen. So viel Glieder hat aber nur jede vordere Flosse, die hinteren Flossen sind stets etwas kleiner und bisweilen halb so groß, wie die vorderen. Damit harmonirt der Gürtel, welcher sie trägt; denn der hintere ist beträchtlich kleiner und schwächer als der vordere, obgleich sich die 3 Knochenpaare eines vollständigen Beckens deutlich in ihm vorfinden. Mehr weicht der Schultergürtel und besonders darin ab, daß die unteren paarigen Elemente desselben sehr groß sind und das kleine Tförmige Brustbein (p) fast ganz verdrängen. An seine vorderen Aeste legen sich die stark gebogenen Schlüsselbeine (Gabelbeine), an seinen nach hinten gewendeten Stamm ein paar breite flache Knochen (r), welche den größten Theil des Schultergelenkes umfassen und als Analogie des Rabenschnabels der Säugethiere, oder des Schlüsselbeines der Vögel, betrachtet werden. Darüber erhebt sich vom Schultergelenk aus das Schulterblatt, ein schmaler spatelförmiger Knochen, dessen verdicktes unteres Ende die obere Hälfte der Schultergelenkgrube enthält. So gebildet, umfaßt der Schultergürtel die untere Fläche des Brustkastens, und liegt, wie es scheint, frei auf den Rippenenden, die erst hinter ihm mittelst eigenthümlicher Sternocostalbogen geschlossen werden. Rippen haften an den meisten Wirbeln; nur die 50 letzten sehr kleinen Schwanzwirbel trugen keine mehr. Die 45 vorderen Paare sind gebogen, krümmen sich mit ihren beiden Enden gegen einander, und breiten sich am oberen Ende in einen Kolben aus, dessen zweiköpfige, tief ausgebuchtete Endfläche die Gelenkstellen trägt, womit jede Rippe an einem Wirbel festsitzt. Die ersten 15 Rippen stoßen nur mit dem unteren Gelenk an den Wirbelkörper, mit dem oberen an den Wirbelbogen, die folgenden 32 heften sich mittelst beider Gelenkflächen an den Körper allein. Dadurch wird es möglich, die Stellung selbst einzelner Wirbel am Skelet einigermaßen zu bestimmen. Indem nämlich der Punkt des Wirbelumfanges, woran die Rippe sich befestigt, selbst zu einem kleinen, mit einer Gelenkgrube versehenen Höcker anschwillt, muß jeder von den 16 ersten Wirbeln nur einen solchen Höcker haben, jeder der nachfolgenden 32 aber zwei, wie sich das aus meiner Figur, welche die Rippen herabgedrückt und verschoben durch die Last des auflie-

genden Gesteines darstellt, deutlich erkennen läßt. Dazu kommt, daß diese Höcker um so mehr an den Seiten eines Wirbels gegen die Mitte desselben hinabrücken und dichter an einander treten, je mehr der Wirbel ein hinterer von den 32 zweihöckerigen Wirbeln ist, man also aus der Entfernung der beiden Höcker von einander und aus ihrem Abstande von der Rückenkante, wo die Wirbelbogen sich ansetzen, die Stellung des jedesmaligen Wirbels in der Reihe weiter ermitteln kann. Schon am 47sten Wirbel stoßen beide Höcker zusammen, am 48sten bilden sie eine förmliche verbundene Figur, wie die Zahl 8, und am 49sten Wirbel stellen sie eine Ellipse mit leicht ausgebuchteten Seiten dar; etwa am 30sten Wirbel erreicht der untere Höcker die Mitte der Seite des Wirbelumfanges. Bei den 16 vorderen Wirbeln, die nur einen Höcker an jeder Seite haben, ist theils ihre von vorn nach hinten zunehmende Größe, theils die mehr und mehr herabgerückte Stellung des Höckers ein Fingerzeig für die Zahl, welche er in der Reihe aller einnahm; indeß bleibt der Seitenhöcker hier stets über der Mitte, obgleich ein langsames, aber allmäliges Herabsinken auch an diesem ersten Drittel der Wirbel nicht verkannt werden kann. Hinter dem 48sten Wirbel hat jeder Wirbel nur e i n e n Seitenhöcker, allein derselbe steht genau in der Mitte der Seitenfläche, doch dem Vorderrande etwas näher; vom 77sten Wirbel an fehlen die Seitenhöcker ganz. An jenen 31 hinteren Wirbeln mit Höckern sitzen zwar keine wahren gebogenen Rippen, aber ähnlich gestaltete oder gerade, etwas schief nach unten und hinten abstehende Knochen, welche offenbar den vorderen gebogenen Rippen entsprechen und hier Q u e r f o r t s ä t z e genannt werden. Sie unterstützen die Muskulatur des Schwanzes und nehmen mit den Wirbeln allmälig an Größe ab. — Außer den Rippen trägt jeder Wirbelkörper im Dornfortsatz auf seiner etwas abgeplatteten Rückenfläche noch einen zweiten Anhang, dessen eigenthümliche Verbindung mit dem Körper durch Knorpel eine sehr merkwürdige, für die Enaliosaurier im Ganzen charakteristische Eigenschaft ausmacht. Ein solcher Dornfortsatz ist unten in zwei Schenkel getheilt, zwischen denen der spitzgewölbte Bogen frei bleibt. Beide Schenkel stoßen mit ihren unteren Enden an je einen Wirbelkörper und saßen an ihm mittelst einer Knorpelschicht fest. Da wo die Befestigung statthatte, erhebt sich der Rand des Wirbelkörpers zu beiden Seiten neben seiner Mitte der Länge nach leistenartig, um für den Bogen eine sichere Basis zu bereiten (Fig. III. β.). Auf ihr ruhend, steigen die Schenkel des Bogens etwas nach hinten gewendet in die Höhe und breiten sich dicht vor ihrer Vereinigung zum Dorn vorwärts wie hinterwärts in eine schief angesetzte Gelenkfläche aus. Am vorderen Rande jedes Bogenschenkels neigt sich diese Gelenkfläche nach unten, am hinteren nach oben, so daß die hintere des vorhergehenden Bogenschenkels auf die vordere des nachfolgenden aufpaßt und indem sie mit ihr eine wirkliche Gelenkung einging, die innige Verbindung sämmtlicher Wirbelbogen zu einem Ganzen bewirkte. Allein weil der Verbindungspunkt nur ein Gelenk war, verstat-

tete er dem ganzen Gerüst vielseitige Biegungen, deren das Thier zur Bewegung seines schwerfälligen Körpers bedurfte. Eben deshalb sind auch die Wirbelkörper so kurz und ihre Berührungsflächen concav. Bis zum 16ten Wirbel nehmen die Dornen an Größe zu, und bis dahin tragen ihre Bogenschenkel am unteren Rande den Gelenkhöcker für die obere Hälfte des Rippenkopfes; zwischen dem 17ten und 40sten Wirbel nimmt man die größten Dornfortsätze wahr, von da an verkleinern sie sich und am 80sten Wirbel verschwinden sie ganz. Dicht vorher, am 77sten bis 79sten Wirbel, pflegt die Wirbelsäule plötzlich 3 bis 4 kürzere Wirbel, die sich zugleich durch eine höhere, etwas comprimirte Form ihrer Gelenkfläche auszeichnen, einzuschließen, und demnächst abgebrochen, mindestens umgeknickt zu sein, oder ganz in Trümmer zu verfallen. R. Owen, der geistreiche englische Anatom, welcher durch allseitiges und genaues Studium des räthselhaften Geschöpfes, von dem wir handeln, unter allen neueren Beobachtern seinen Bau am vollständigsten ergründet hat, schließt mit dem sicheren Takt eines genialen Forschers aus den angegebenen, wie es scheint, so unbedeutenden Umständen, daß der Ichthyosaurus, gleich den Walfischen, eine große Schwanzflosse besaß. Wo die 3 bis 4 höheren, comprimirten Wirbel sich befinden, begann die sehnige Schicht, welche der Flosse zur Stütze diente, und weil diese Wirbel nicht breiter, sondern höher sind, als die anderen, so folgt daraus, daß die Schwanzflosse senkrecht stand, wie bei den ächten Fischen, keineswegs wagrecht, wie bei den Walen. Als ein schwererer Theil sank sie nach dem Tode des Thieres, wenn der Cadaver durch die in der Rumpfhöhle entwickelten Gase erleichtert aus der Tiefe wieder emporstieg, zumeist nach unten und brach später ab, oder knickte wenigstens um, als nach dem Platzen des Bauches die ganze Masse beim Sinken mit dem tiefer stehenden Schwanze zuerst auf den Boden sich stützte. Wer wird nicht staunen und in gerechter Bewunderung dem Scharfsinne des großen Beobachters seinen Beifall zollen, wenn er sieht, wie hier aus dem geringfügigen Umstande einer stets zertrümmerten Schwanzspitze so wichtige, für die Auffassung des Gesammtbildes eines untergegangenen Geschöpfes höchst bedeutungsvolle Resultate gezogen werden konnten? Aber noch mehrere und noch sonderbarere Beiträge zur Construktion jenes Bildes haben sich uns dargeboten. Schon früher wurde der fossilen Kothballen oder Koprolithen gedacht (S. 216), welche in Schichten des Lias lagenweis angetroffen werden, und durch ihr buntscheckiges Ansehen eine sonderbare, seinem Ursprunge wenig entsprechende Benutzung des sie enthaltenden Gesteines veranlassen. Wir geben hier die Abbildungen einiger solcher fossiler Kothballen, um die spiralförmig gewundene Anordnung ihrer Masse deutlicher zu zeigen und Betrachtungen an sie zu knüpfen, welche auf die Schichtung sich gründen. Man sieht die spiralige Aufwickelung an allen auf der Oberfläche, erkennt sie besonders auf dem Längsschnitt (Fig. 4) und nicht minder im Querschnitt (Fig. 5). Letzterer namentlich zeigt mehrere schwarze Stellen

in seinem Innern, und ähnliche erscheinen bei Figur 1 und 2 auf der Oberfläche; sie rühren von den härteren Theilen der Nahrungsmittel her und sind theils Knochenstücke, theils Schuppen gefressener Fische. Indem sich an diesen Knochen und Schuppen ihre ursprüngliche Beschaffenheit gut erhalten hat, wird es uns möglich, die Nahrungsstoffe der Ichthyosauren genau zu ermitteln; und eine solche Untersuchung hat eben nachgewiesen, daß die Ichthyosauren nicht bloß verschiedene Thiere ihrer Umgebung, namentlich Fische, verzehrten, sondern einander selbst auffraßen; natürlich der größere den kleineren. Aber das interessirt uns im Ganzen weniger, als

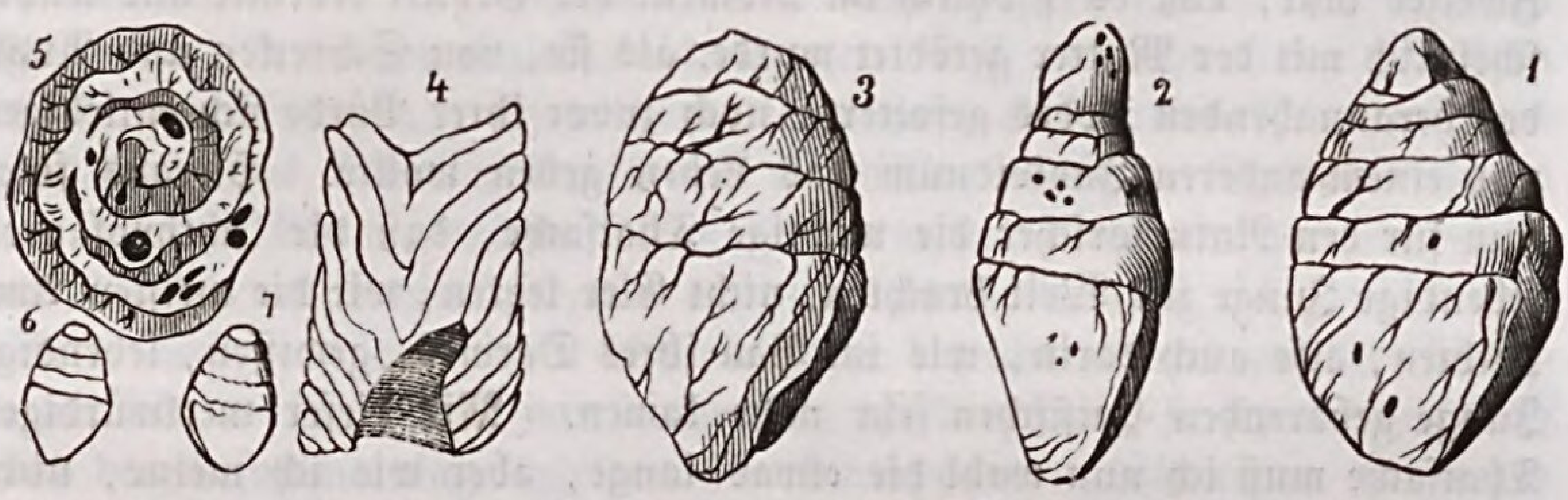


Fig. 1—3. Koprolithen aus dem Lias von Lyme Regis; 4. senkrechter Durchschnitt eines Koprolithen aus dem Kreidemergel von Newis; 5. Querschnitt eines Koprolithen von Lyme Regis; 6 und 7. kleine Koprolithen aus der Kreide.

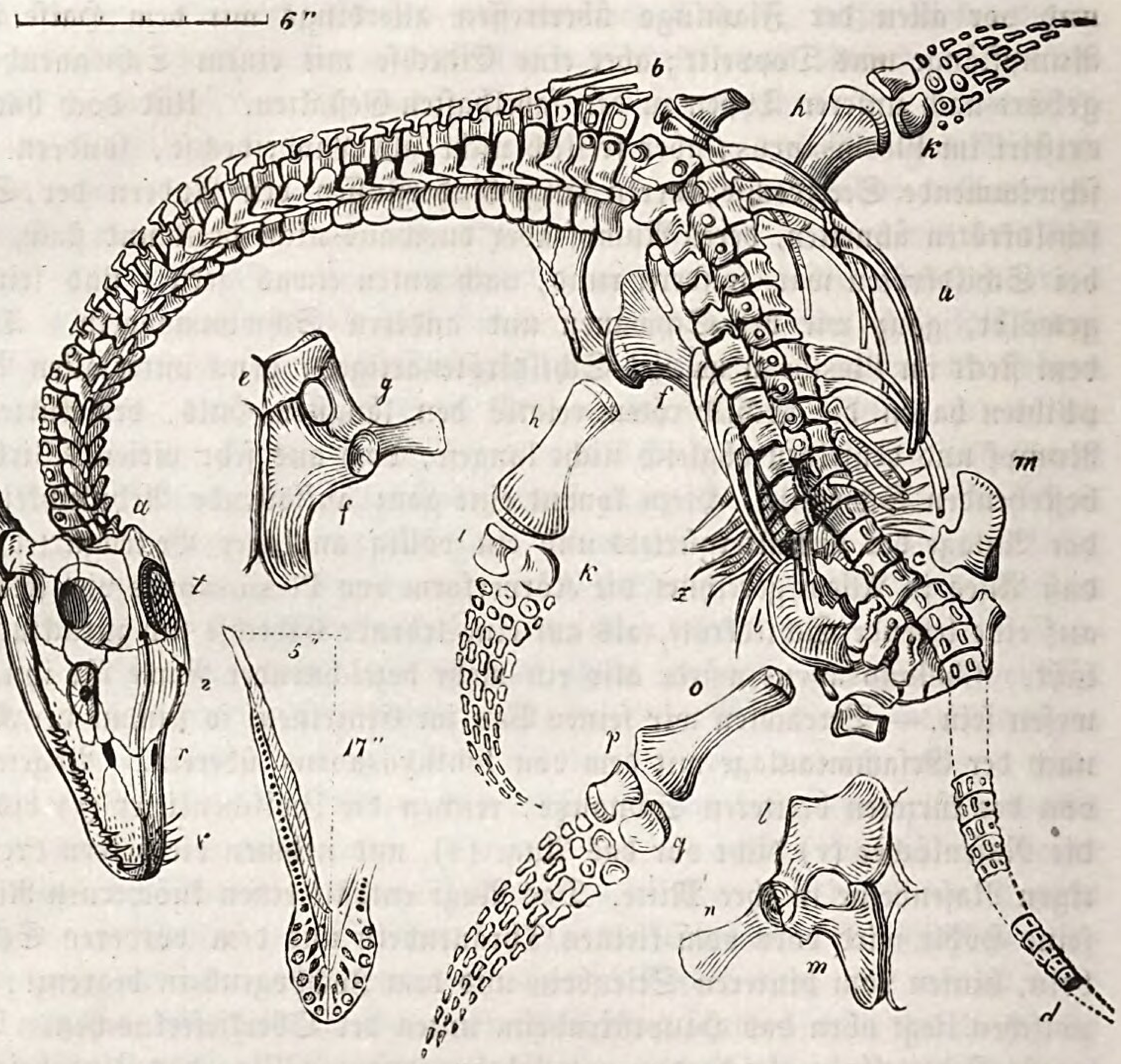
die Form des Koproliths, die eine bestimmte Anordnung des Mastdarmes verräth, welche zu kennen für Zoologen keinen geringen Werth hat. Aus seiner Gestalt läßt sich nämlich auf den ganzen Darmkanal des Thieres zurückschließen und sein Bau sich einigermaßen daraus herleiten. Jene spiralige Aufwickelung des Kothes kann nur durch eine spiralig verlaufende Darmröhre bewirkt werden; ein Darm, dessen Inhalt eine Spirale bildet, muß entweder selbst ein spiralförmig gewundenes Rohr sein, oder er muß auf der Innenfläche eine erhabene Spiralfalte haben, die sich etwa so zu ihm verhält, wie die Wendeltreppe zu der Wand eines runden Thurmes, in dem sie hinaufsteigt. Der Thurm bleibt ein senkrechter Cylinder, wie das Darmrohr; aber der hohle Raum über der Treppe, den wir beim Steigen durchgehen, bildet einen Schraubengang. Aehnlich mochte der Mastdarm des Ichthyosaurus aussehen; auf der Oberfläche cylindrisch, auf der Innenfläche spiralig gewunden. Därme dieser Art trifft man in der Gegenwart nur bei Fischen, besonders bei den Haifischen und Stören an; sie sind nie sehr lang, aber ziemlich weit, und eben um ihre geringe Länge zu ergänzen, ist die Spiralfalte erforderlich gewesen. Es folgt hieraus, daß der Ichthyosaurus mehr einen fischartigen Darm besaß, als einen amphibienartigen, und überhaupt keinen sehr langen Nahrungskanal haben konnte. War aber sein Darm dem der Haifische ähnlich, so war es auch wahrscheinlich seine Nahrungs- und Lebensweise; er war ein gefräßiges Thier, ein wirkliches Meerungeheuer, das alles Lebendige verschlang, was sein gieriger Rachen errei-

chen konnte. So viel also und noch manches Andere, dessen Besprechung ich unterlassen muß, lehrt uns die Beschaffenheit seines Unrathes; wir erblicken durch denselben fast den ganzen Nahrungsapparat des Ichthyosaurus vor uns ausgebreitet, und brauchen, um sein vollständiges Bild zu haben, nur noch von seiner Fortpflanzungsweise einige Kunde. Auch die ist uns geworden, und auf eine eben so denkwürdige Weise, wie der Bau seines Darmes. Man fand nämlich 6) zwischen den Beckenknochen eines alten Individuums von 10 Fuß Länge das wohlgebildete, $5^1/_2$ Zoll lange Junge ausgestreckt in einer Stellung, den Kopf nach hinten, die keinen Zweifel läßt, daß es plötzlich im Moment der Geburt erdrückt und wahrscheinlich mit der Mutter getödtet wurde, als sie, von Schrecken und Angst des herannahenden Todes gefoltert, noch zuvor ihrer Bürde sich entledigen und einem anderen Individuum das Leben geben wollte. Hieraus folgt nun für den Naturforscher die wichtige Thatsache, daß die Ichthyosauren lebendige Junge zur Welt brachten, nicht Eier legten, wie die meisten Amphibien, also auch darin, wie im Bau ihres Darmes, gewissen, lebendige Junge gebärenden Haifischen sehr nahe kamen. Mit dieser merkwürdigen Thatsache muß ich nun wohl die etwas lange, aber wie ich meine, nicht ganz uninteressante Schilderung des Ichthyosaurus beschließen; denn wollte ich sie noch weiter ausdehnen, so würde mir für andere eben so anziehende Geschöpfe der Urwelt zu wenig Raum übrig bleiben. Indeß kann ich nicht umhin, am Schluß zu wiederholen, daß die Oberfläche der Ichthyosauren bloß von einer glatten schuppenlosen Haut bekleidet war, wie wir es nicht nur aus dem Mangel von Schuppen schließen, sondern auch durch direkte Beobachtung wissen. An einzelnen Stellen, wo die Haut unmittelbar auf Knochen lag, haben sich Reste derselben erhalten, und hieran erkennen wir ihre Beschaffenheit genauer; sie bestand aus denselben Schichten, woraus die Haut der jetzigen Wirbelthiere zusammengesetzt ist, enthielt aber durchaus keine harten Körper, sondern war glatt und weich, wenn auch wohl nicht so dick, wie die der Walfische und Delphine. Ihnen glichen also die Ichthyosauren im äußeren Ansehen am meisten; nur die hinteren paarigen Bauchflossen und die senkrecht stehende Schwanzflosse unterscheiden beide Gestalten auch äußerlich leicht von einander. —

Der Plesiosaurus ist nach seiner ganzen Erscheinung eine viel sonderbarere und eigenthümlichere Gestalt, als der Ichthyosaurus, allein näher betrachtet, weicht wenigstens sein Knochengerüst von heutigen Typen minder auffallend ab. Sein kleinerer, besonders stumpferer Kopf erweiterte sich am Ende und rundete sich dadurch mehr zu, konnte aber wegen seiner geringen Größe selbst von dem sehr langen Halse mit Leichtigkeit getragen werden. Dieser enorm lange Hals ist für ein Amphibium ganz beispiellos. Wir sind es gewohnt, bei Vögeln auf lange Hälse zu stoßen; Schwäne, Reiher

6) Vergl. Froriep's neue Notizen. Bd. 37. S. 183.

und vor allen der Flamingo übertreffen allerdings mit dem Halse ihre Rumpflänge ums Doppelte; aber eine Eidechse mit einem Schwanenhalse gehört nach unseren Typen zu den fabelhaften Gestalten. Und doch hat sie existirt im Plesiosaurus; aber freilich nicht als Landeidechse, sondern als schwimmende Seeeidechse, deren lange Ruderflossen den Rudern der Seeschildkröten ähnelten, deren Rumpf aber durchaus nicht breit und flach, wie bei Schildkröten war, sondern rund, nach unten etwas gekielt und seitlich gewölbt, ganz wie bei Schwänen und anderen Schwimmvögeln. Trotz dem steckt im Plesiosaurus viel Schildkrötenartiges; denn unter allen Amphibien haben die Schildkröten relativ den längsten Hals, den kürzesten Rumpf und denselben obgleich nicht langen, doch aus sehr vielen Wirbeln bestehenden Schwanz. Hiezu kommt eine ganz auffallende Aehnlichkeit in der Anlage des Schultergürtels und ein völlig analoger Beckengürtel, so daß Alles in Allem gerechnet die Körperform von Plesiosaurus viel leichter auf eine lebende Schildkröte, als auf eine lebende Eidechse sich zurückführen läßt. Chelonosaurus würde also ein mehr bezeichnender Name für ihn gewesen sein. — Betrachten wir seinen Bau im Einzelnen, so stimmt der Kopf nach der Gesammtanlage mit dem von Ichthyosaurus überein. Abgesehen von der kürzeren breiteren Schnautze, reichen die Zwischenkiefer (v) bis an die Nasenlöcher (r) dicht vor das Auge (s), und nehmen die beiden dreiseitigen Nasenbeine in ihre Mitte. Das Auge enthält einen knöchernen Ring; seine Höhle wird vorn vom kleinen Thränenbein und dem vorderen Stirnbein, hinten vom hinteren Stirnbein und dem Jochbogenbein begrenzt; dazwischen liegt oben das Hauptstirnbein, unten der Oberkieferknochen. Das große Scheitelbein gleicht dem von Ichthyosaurus völlig; das Zitzenbein ist kleiner, das Schläfenbein dagegen viel länger, und an beide zugleich grenzt unten der große dicke Paukenknochen (x), welcher den Unterkiefer trägt. Zwischen Schläfenbein, Zitzenbein, Scheitelbein und hinterem Stirnbein liegen die nach oben weit klaffenden, mehr kreisrunden Schläfgruben-Oeffnungen. Der Unterkiefer ist viel kürzer, als bei Ichthyosaurus, und besonders an einer starken, dem Zwischenkiefer des Oberkiefers in der Ausdehnung entsprechenden vorderen Erweiterung zu erkennen. Dieser erweiterte Theil trägt an jeder Seite 6 größere, zumal höhere Fangzähne, die einzeln, gleich den darauf folgenden viel kleineren Zähnen, in getrennten Alveolen stecken. Darin unterscheidet sich Plesiosaurus sehr bestimmt von Ichthyosaurus, und harmonirt mehr mit den Halidrakonen des Muschelkalks, welche nicht bloß den allgemeinen Habitus, sondern auch die erweiterte Schnautzengegend mit Plesiosaurus gemein haben. Der lange Hals besteht je nach seiner Ausdehnung, bei den verschiedenen Arten aus 20 bis 40 Wirbeln; Pl. macrocephalus, eben so sehr durch seinen relativ großen Kopf, wie durch seinen kurzen, aber starken kräftigen Hals sich auszeichnend, hat 29 Halswirbel, die von vorn nach hinten an Stärke zunehmen, und an jeder Seite kurze, axtförmige Rippen tragen, deren Spitzen allmälig eine schlankere Form er-



Plesiosaurus macrocephalus aus dem Lias von Lyme Regis.

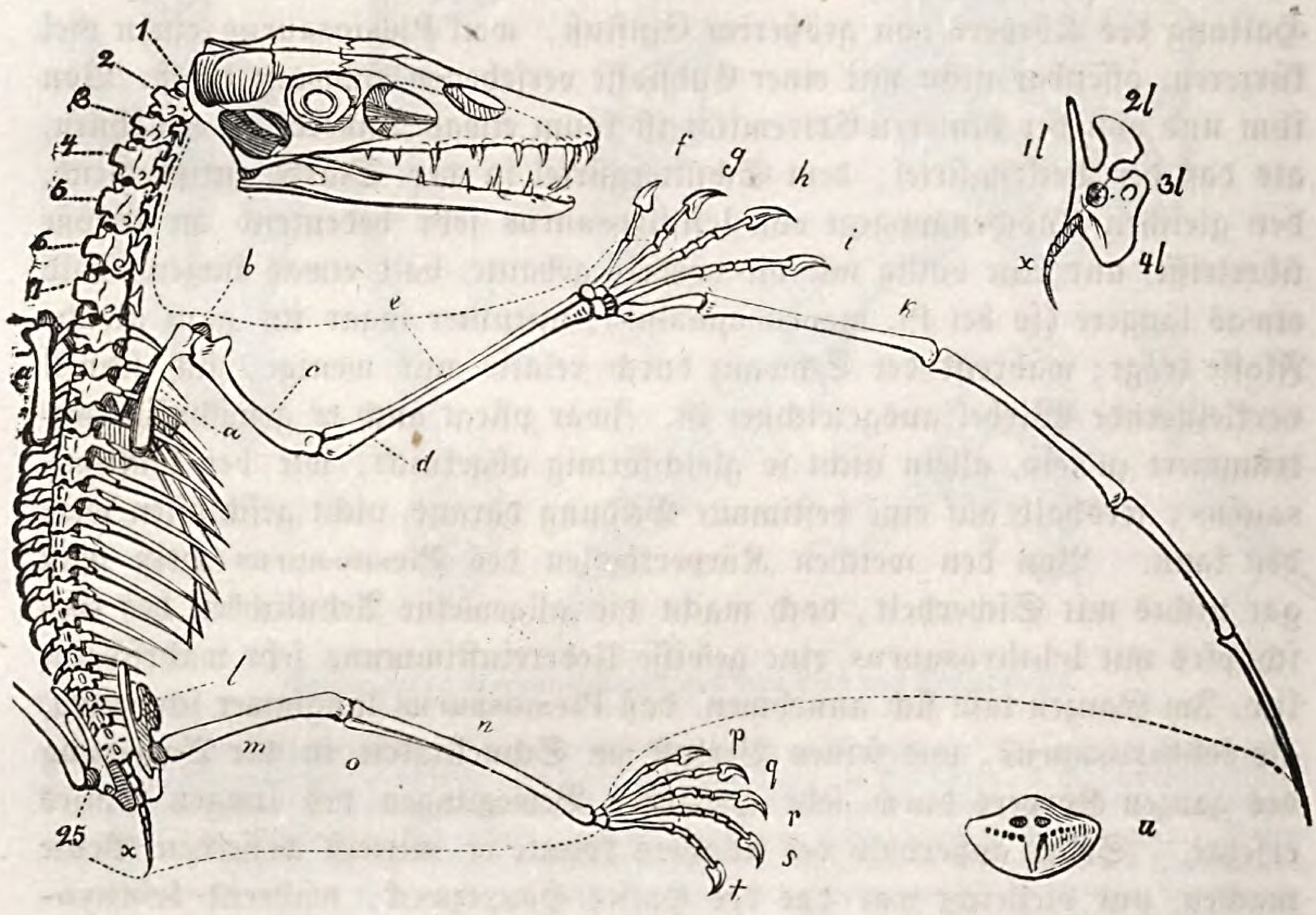
a. Atlas oder erster Halswirbel; b. erster Rückenwirbel; c. Kreuzwirbel, Anfang des Schwanzes; d. Schwanzwirbel, nicht weit vom Ende des Schwanzes; e. Brustbein; f. Rabenschnabelbein; g. das vereinigte Schulterblatt und Gabelbein; h. Oberarm; i. Speiche; k. Elle; l. Schambein; m. Sitzbein; n. Darmbein; o. Oberschenkel; p. Schienbein; q. Wadenbein; r. Nasenloch; s. Augenring; t. Schläfgruben-Mündung; u. Rippen; v. Fangzähne des Unterkiefers, den Zwischenkiefer überragend; x. Paukenbein; z. zertrümmerte Sternalbogen der Rippen. NB. Der Maßstab von 6 Zoll gilt nur für die Hauptfigur; die Figur des Unterkiefers, neben dem Kopf, gehört einer anderen größeren Art an.

halten. Je mehr sie sich dem Brustkasten nähern, um so höher rückt ihr oberer Gelenkkopf am Wirbelkörper hinauf, und mit dem ersten Rückenwirbel geht er sogar auf den Bogen über, hier an einen besonderen höckerförmigen processus transversus sich befestigend. Dergleichen Höcker machen die Bogenschenkel des wie bei Ichthyosaurus selbstständig bleibenden processus spinosus leicht als den Rückenwirbeln angehörige kenntlich. Ihre Anzahl ist nie so groß, wie die Zahl der Halswirbel; bei Pl. macrocephalus beläuft sie sich auf 20; sie tragen alle denen von Ichthyosaurus ganz ähnliche Rippen, worunter besonders die hinteren, welche durch einen aus 7 Stücken zusammengesetzten Sternalbogen verbunden werden, sich durch ihre Stärke auszeichnen. Vorn legt sich von unten her an die ersten, ohne mit ihnen

verbunden zu sein, der große Schultergürtel; bestehend aus zwei sehr starken, weit nach hinten verlängerten Coracoidalbeinen (f), einem einfachen, queren Brustbein (e) und einem zweischenkeligen Knochen (g), welcher genau wie das vereinigte Gabelbein und Schulterblatt der Schildkröten gebildet ist. An dieses kräftige Schultergerüst stoßen eben so kräftige Oberarmknochen (h), deren unterer, sehr breiter, gebogener Gelenkrand mit den kurzen, aber breiten Vorderarmknochen in gleicher Ebene zusammentrifft. Dann folgen Handwurzel- und Zehenknochen, ähnlich denen von Ichthyosaurus, nur schlanker und an Zahl geringer. Daher sind die Flossen von Plesiosaurus zwar länger, aber doch schmäler als die von Ichthyosaurus, und ihre Wirkung ist im Ganzen wohl schon deshalb für die Bewegung und Haltung des Körpers von größerem Einfluß, weil Plesiosaurus einen viel kürzeren, offenbar nicht mit einer Endflosse versehenen Schwanz besaß. Von ihm und von der hinteren Extremität ist kaum etwas Anderes zu erwähnen, als daß der Beckengürtel, dem Schultergürtel in der Stärke entsprechend, den gleichen Knochenapparat von Ichthyosaurus sehr bedeutend an Größe übertrifft, und eine völlig wie die vordere gebaute, bald etwas kürzere, bald etwas längere (so bei Pl. macrocephalus), mitunter sogar ihr ganz gleiche Flosse trägt; während der Schwanz durch relativ nur wenige, sich schnell verkleinernde Wirbel ausgezeichnet ist. Zwar pflegt auch er gewöhnlich zertrümmert zu sein, allein nicht so gleichförmig abgeknickt, wie bei Ichthyosaurus; weshalb auf eine bestimmte Bildung daraus nicht geschlossen werden kann. Von den weichen Körpertheilen des Plesiosaurus weiß man gar nichts mit Sicherheit, doch macht die allgemeine Aehnlichkeit des Geschöpfes mit Ichthyosaurus eine gewisse Uebereinstimmung sehr wahrscheinlich. Im Ganzen läßt sich annehmen, daß Plesiosaurus langsamer schwamm, als Ichthyosaurus, und seinen Verlust an Schnelligkeit in der Bewegung des ganzen Körpers durch sehr gewandte Bewegungen des langen Halses ersetzte. Selbst außerhalb des Wassers konnte er mittelst desselben Beute machen, und vielleicht war das des Halses Hauptzweck, während Ichthyosaurus unfehlbar nur im Wasser fischte. Damit ist aber nicht gesagt, daß Plesiosaurus auf dem Wasser schwimmen mußte, wie die Schwimmvögel; er bewegte sich wohl ebenfalls im Wasser und bediente sich seiner langen, mehr seitwärts abstehenden Flossen zum Halten des Gleichgewichtes in wagrechter Stellung, während der Hals nach Beute jagte, und der kurze Schwanz, möglicherweise von einem senkrechten Flossensaume umgeben, das Thier langsam von der Stelle trieb.

Der Pterodactylus, jene fliegende Eidechse, deren sonderbare Aehnlichkeit mit den Fledermäusen wir schon früher (S. 219) hervorhoben, erscheint in Deutschland erst in den obersten Schichten des Jura, kommt aber auch im Lias bei Lyme Regis vor. Aus der mitgetheilten Abbildung einer der am besten bekannten Arten geht diese Aehnlichkeit so schön hervor, daß es keines näheren Nachweises für sie bedarf; aber andere, minder in die Augen

fallende Eigenschaften wollen wir besprechen, und zunächst die Frage beantworten, warum das Geschöpf nicht gar eine wirkliche Fledermaus sein kann, sondern ebenfalls für ein Amphibium, für eine Eidechse, zu nehmen ist. Davon überzeugt uns zuvörderst sein Gebiß. Alle Fledermäuse besitzen verschieden gestaltete Zähne und ganz besonders breite hintere Kauzähne, welche mit mehreren Wurzeln und Kronenhöckern (gewöhnlich vieren) versehen sind. Der Pterodactylus dagegen hat lauter einfache, kegelförmige Zähne, wie sie nur bei Amphibien und besonders bei Eidechsen sich finden. Damit harmonirt sein Schädelgerüst, die völlig am Rande von Knochenplatten umgebene Augenhöhle, der in ihr liegende knöcherne Augenring, der



Pterodactylus crassirostris, aus dem lithographischen Schiefer von Solenhofen.

Die Zahlen 1 — 7 bezeichnen die Halswirbel und 25 das Kreuzbein, dem noch acht Schwanzwirbel (x) folgen; a. Schulterblatt; b. Schlüsselbein; c. Oberarm; d. Elle; e. Speiche; f. g. h. i. k. die 5 Handfinger; l. Becken; m. Oberschenkel; n. Schienbein; o. Wadenbein; p. q. r. s. t. die 5 Fußzehen; u. das breite schildförmige Brustbein von innen, mit den 2 größeren Gelenkgruben für die Schlüsselbeine und je 5 kleineren für Sternocostalknochen. Die Nebenfigur giebt eine Ansicht des Beckens von der Seite und darin bezeichnet: 1. das Darmbein; 2. den breiten Fortsatz, welcher dem Beutelknochen gewisser Säugethiere entspricht; 3. das kleine Schambein; 4. das große Sitzbein. Die punktirte Linie an der Hauptfigur versinnlicht den Rand der Flughaut.

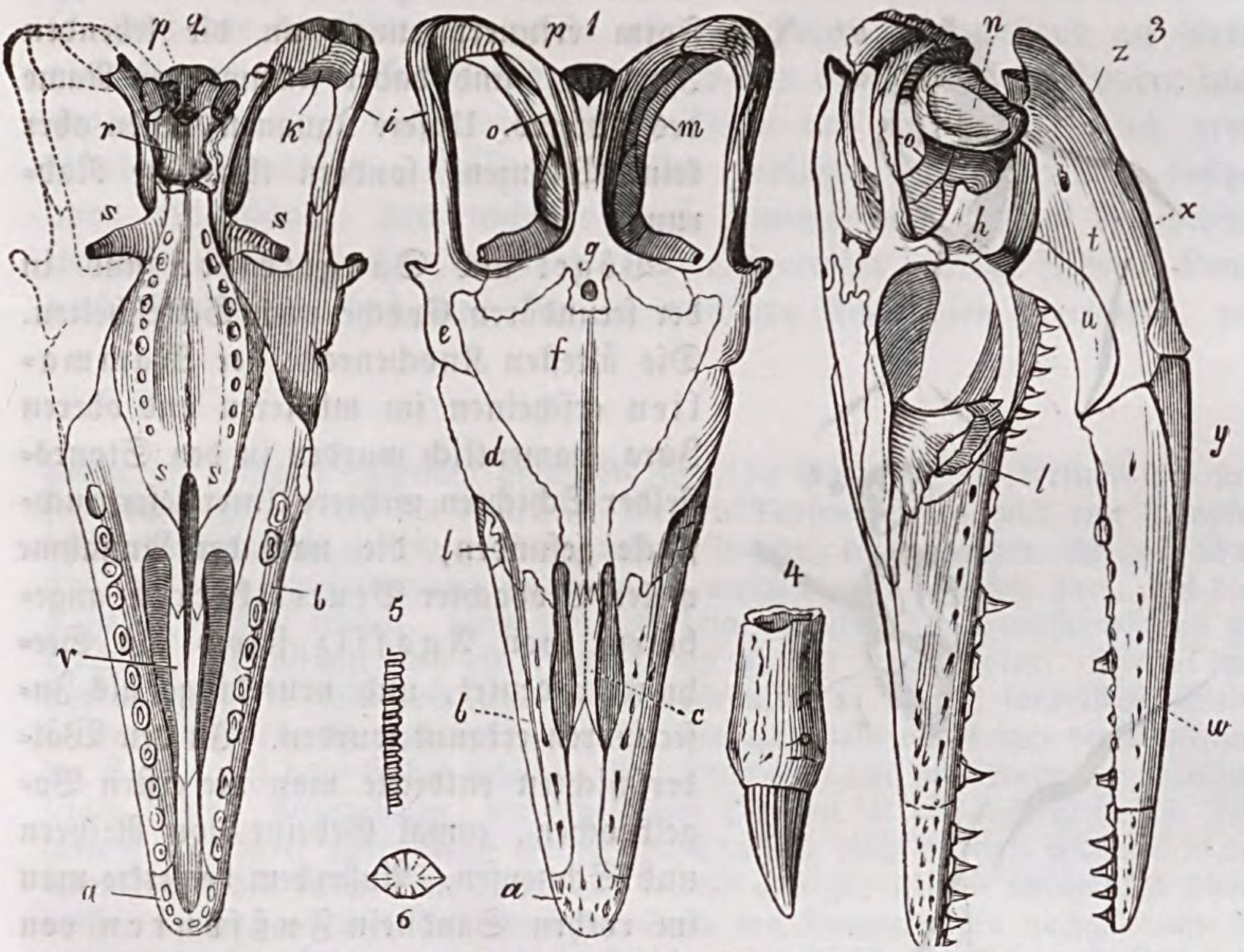
bewegliche, vom Schläfen- und Zitzenbein unterstützte Paukenknochen, die weite, vom Zitzenbein und hinteren Stirnbein umspannte Schläfengrube, das große Loch vor der Augenhöhle zwischen ihr und den aufwärts gerückten Nasenlöchern, der nach hinten zu niedrige, nicht mit einem aufsteigenden Aste versehene Unterkiefer, genug, die ganze dem Eidechsentypus analoge

Anlage des Schädels. Zwar sind die 7 Halswirbel eine Eigenschaft, die an Säugethiere mahnt, allein auch das Krokodil zeigt uns dieselbe Anzahl; sehen wir aber auf das Brustbein (u), so läßt sich seine flache, breit-herzförmige Gestalt nur bei den Eidechsen wiederfinden, und eben so wenig entspricht das schmale Schulterblatt (a) dem der Säugethiere, zumal dem breiten dreiseitigen der Fledermäuse. Dagegen ist das Becken größer, als bei Fledermäusen, und scheint eine sitzende Stellung des Thieres, dergleichen die Fledermäuse nie annehmen, begünstigt zu haben. Von den zahlreichen Rippen, welche nur 2 Lendenwirbel frei lassen, also an allen 15 vorderen Rückenwirbeln sitzen, wollen wir gar nicht reden, obgleich sie mit der Fledermausnatur völlig im Widerspruch stehen; sondern uns an die Gliedmaßen wenden, deren flügelartige Verlängerung so auffallend an Fledermäuse erinnert. Allein mit dieser Verlängerung sieht es gar eigen aus, wenn man sie schärfer abwägt; denn sie trifft bei Pterodactylus nur den äußersten kleinsten Finger (k), nicht die sämmtlichen Knochen des Armes, wie bei den Fledermäusen, deren Daumen allein kurz bleibt. Pterodactylus hatte hiernach entschieden kleinere Flügel als eine Fledermaus, und konnte schwerlich so anhaltend fliegen, wie sie. Sehen wir indeß nicht mehr auf die Verlängerung des kleinen Fingers, sondern auf die Zehenzahl seiner wie aller anderen Finger, so verschwindet sogleich wieder die Fledermaus und die Eidechse macht sich geltend. Alle Fledermäuse haben eben so gut, wie alle andern Säugethiere, gleich viele Glieder in den vier äußeren Zehen; Pterodactylus hat dagegen in jedem folgenden Finger ein Glied mehr, nur nicht im letzten, dessen Gliederzahl wieder um eins abnimmt. Das ist ganz wie bei den Eidechsen, und schon deshalb seine Amphibiennatur völlig evident. Wir glauben daher auch nicht, daß das Geschöpf behaart war, wie man aus gewissen Streifen in der Nähe mancher fossilen Individuen schloß, sondern meinen, daß jene haarförmigen Eindrücke theils von Hautfalten, theils von schimmelartigen Gewächsen herrühren könnten, die nach dem Tode des Thieres auf seinem Cadaver sich erzeugten. Der Pterodactylus war sicher nackt, gleich den Enaliosauriern, denn hätte er Schuppen oder Schilder auf der Haut gehabt, so würde man deren Reste an den gut erhaltenen Stücken mancher Arten auffinden müssen. Er besaß aber an seinen Zehen sehr große, stark gebogene spitze Krallen, die allein den beiden Flugfingern fehlten, und das zeigt ein Vermögen an, sich in schwebender Lage mittelst derselben an geeigneten Stellen festklammern zu können. Wahrscheinlich lebten die Pterodactylen in felsigen Gegenden und hielten sich mittelst ihrer Krallen an den schroffen Wänden. Ihr langer, bei Pt. longirostris sogar schnepfenförmig verlängerter Kopf, dem stets ein eben so langer, aber immer nur aus 7 Wirbeln bestehender Hals entspricht, zeigt auf eine gewandte Beweglichkeit, wie bei Plesiosaurus, hin und macht es wahrscheinlich, daß die Pterodactylen ihre Nahrung im Fluge fingen. In ihrer Gesellschaft werden große Libellen der Gattung Aeschna häufig angetroffen, und sie mochten

den fliegenden Eidechsen zur Nahrung dienen. Denn die Insektenwelt ist die eigentliche Nahrungsquelle der kleineren Amphibien; nur die Schlangen, welche es damals noch nicht gab, und die Krokodile verschlingen größere Rückgrattthiere. Die Pterodactylen waren übrigens kleine Thiere, deren Rumpf den eines Sperlings oder einer Krähe kaum übertraf. Sie finden sich vorzugsweise in der Gegend von Solenhofen, und kommen außerdem nur in wenigen Spuren bei Banz, Lyme Regis, Stonesfield und Tilgate in England vor. Man unterscheidet gegenwärtig 16 verschiedene Arten, kennt aber nur die Hälfte derselben ziemlich oder ganz vollständig. Eine Vergleichung ihrer Skelete macht es wahrscheinlich, daß eine Art (Pt. Lavateri s. Ornithopterus) nur zwei Glieder im Flugfinger hinter der Flachhand besaß, während die anderen, gleich der abgebildeten, deren vier haben. An den meisten derselben erkennt man einen sehr kurzen Schwanz und große Fangzähne bis zur Spitze des Kiefers; einige (Pt. macronyx s. Ramphorrhynchus) waren entschieden länger geschwänzt und ihre Kiefer gingen in eine zahnlose, schnabelförmige Spitze aus. Die Stärke dieses Schwanzes läßt vermuthen, daß er als Stütze der Flughaut eine wesentliche Rolle spielte; im Ganzen aber sind die langschwänzigen Arten zierlicher gebaut und kleiner. Sie scheinen auch keinen knöchernen Ring im Auge gehabt zu haben. Nur von Mitgliedern dieser Gruppe fand man Spuren in England; alle kurzschwänzigen Pterodactylen stammen von Solenhofen, woselbst übrigens auch langschwänzige gefunden wurden. —

Die bedeckten Amphibien des Jura sind theils Saurier, theils Chelonier. Unter den Sauriern treten sowohl krokodilartige, namentlich Gaviale (Teleosaurus), als auch den typischen Eidechsen ähnlichere Formen auf; allein ihre genaue, aus wenigen unbedeutenden Resten zu ermittelnde Bestimmung liegt unseren Zwecken zu fern, als daß ich mich auf deren Schilderung hier einlassen könnte. Auch von den Schildkröten rede ich nicht weiter, um von den Amphibien der Kreide noch Einiges sagen zu können. Es mag sich auf die Bemerkung beschränken, daß aus den wenigen Ueberbleibseln, welche uns erhalten sind, kein vollständiges Bild sich zusammenstellen läßt, im Ganzen aber der Ideengang aus dem Jura festgehalten zu sein scheint, obgleich der Unterschied zwischen damals und jetzt nicht mehr so grell auftritt, sondern die Gebilde aus der Kreide der Gegenwart näher rücken. Demnach finden sich in der Kreideformation noch Spuren von Enaliosauriern, aber nur wenige; und neben ihnen große Landeidechsen, von welchen der berühmte Mastrichter Kopf, einem Mosasaurus angehörend, lange Zeit die bedeutendste Kunde gab, bis kürzlich in Nord-Amerika andere Spuren derselben Gattung gefunden wurden. Indem wir die Abbildung des fast vollständigen Schädels mittheilen, überlassen wir sein näheres Studium dem Leser mittelst der beigefügten Zeichenerklärung und erwähnen zum besseren Verständniß seiner Form nur, daß seine Länge 2 Fuß übertrifft, das ganze Geschöpf also füglich an 20 Fuß lang gewesen sein konnte. Ob-

gleich durch die schlanke Gestalt den Monitoren verwandt, zeigen dennoch die Einzelnheiten der Schädelbildung keine nähere Beziehung zu dieser isolirten Gruppe unter den Eidechsen an; vielmehr glaube ich im Mosasaurus eine Art Mittelform zwischen den Iguanen und Ameiven zu erkennen, die von den Monitoren, neben der Gesammtform auch das schmale einfache Nasenbein behielt. Iguanen und Ameiven giebt es gegenwärtig nur in



Schädel des Mosasaurus Maximiliani, aus der Kreide Nord-Amerikas.

Fig. 1. Ansicht von oben; 2. von unten; 3. von der Seite; 4. ein Zahn mit seinem wurzelartigen Sockel, der bis zum Rande im Kiefer steckt, in größerem Maßstabe; 5. der gekerbte Rand des Zahnes in natürlicher Größe; 6. Querschnitt des Zahnes. a. Zwischenkiefer; b. Oberkiefer; c. Nasenbein; d. vorderes Stirnbein; e. hinteres Stirnbein; f. Hauptstirnbein; g. Scheitelbein; h. Stück des Jochbogens, dessen Verlängerung in Figur 3 angedeutet ist; i. Schläfenbein; k. Zitzenbein; l. Thränenbein. unvollständig mit einer Bruchfläche, woran wahrscheinlich der Jochbogen sich legte; m. Felsenbein; n. Paukenknochen; o. seitliche Flügel des Hinterhauptbeines; p. Mittelstück des Hinterhauptbeines mit dem Gelenkkopf; r. Körper des Keilbeines (os basale); ss. Gaumenbeine mit je einer Zahnreihe; t. Gelenkstück des Unterkiefers; u. Kronenstück; v. Pflugscharbein; w. Zahnstück des Unterkiefers; x. Eckstück; y. Deckstück; z. Endstück.

Amerika, Monitoren nur auf der östlichen Erdhälfte; Mosasaurus aber lebte auf beiden Hemisphären, was von keiner heutigen Eidechsengattung gilt. Auf jeden Fall war die fossile eine sehr eigenthümliche Thierform. — Noch sonderbarer scheinen die Eidechsen zu sein, deren Gebeine in den Wälderschichten (S. 222) vorkommen; sie scheinen der Hauptsache nach den typischen Eidechsen der Gegenwart zu ähneln, aber durch ihre riesenmäßige Größe und ihre dicken Klumpfüße in der äußeren Erscheinung sich noch weit

mehr, als Mosasaurus, von ihnen zu entfernen. Megalosaurus, Iguanodon, Hylaeosaurus mochten solche großen, 20 bis 25 Fuß langen Eidechsen einstens darstellen; ja das Iguanodon sollte sogar die übertriebene Länge von 70 Fuß besessen haben; allein es war nicht größer als die anderen, unterschied sich aber leicht an seinen breiten, am Rande gröber gezackten, der Länge nach mehrmals gekielten Zähnen, welche für vegetabilische Nahrungsmittel bestimmt zu sein scheinen. Ihre Form erinnert etwas an die lebenden Iguanen, und daher stammt der Name des Thieres. Unsere Iguanen fressen aber keine Pflanzen, sondern thierische Nahrung.



Fußtapfen des Chirotherium Barthii, aus dem bunten Sandstein von Heßberg bei Hildburghausen 7).

Vögel und Säugethiere sind in der secundären Epoche noch Seltenheiten. Die ältesten Knochenreste der Mammalien erscheinen im mittleren und oberen Jura, namentlich wurden in den Stonesfielder Schichten mehrere Unterkieferbruchstücke gefunden, die nach der Annahme vieler Beobachter Beutelthieren angehören, von Agassiz jedoch als Seehunde gedeutet, und neuerdings als Insectivoren erkannt wurden. In den Wälderschichten entdeckte man die ersten Vogelknochen, zumal Gebeine von Reihern und Schnepfen. Außerdem bemerkte man im rothen Sandstein Fußspuren von Vögeln, und einige auch von handartigen Pfoten. Ueber die ersteren waltet keine Meinungsverschiedenheit ob, es sind Abdrücke, die auf Sumpfvögel hinweisen, und in einzelnen Fällen riesenmäßige Geschöpfe, größer als der Strauß, anzeigen; allein das relative Alter der Schicht, die sie trägt, scheint noch nicht genügend ermittelt zu sein. Dagegen gehören die Sandsteine mit den Pfoten, welche man bei Hildburghausen gefunden hat, sicher zur Gruppe des bunten Sandsteins. Sie erscheinen hier als Abdrücke von Fußtapfen, welche in eine

7) Die Fußtapfen sind nach einer Sandsteinplatte des bezeichneten Fundortes, welche dem mineralogischen Museum der hiesigen Universität angehört, genau von mir gezeichnet; die Länge der Hinterfußspur (b) beträgt 8 Zoll und die Spannweite

zwischen den Sandsteinen liegende Thonschicht sich eindrückten, weshalb sie erhaben aus der unteren Fläche des Sandsteins hervortreten. Daß sie Thieren, und zwar einem Vierfüßer, angehört haben, unterliegt keinem Zweifel, ob es aber ein Amphibium oder ein Säugethier war, bleibt fraglich. Beide Extremitäten verrathen, wie der nebenstehende Holzschnitt zeigt, Handbildung, mit senkrecht abstehendem nagellosem Daumen und 4 kurzen dicken Zehen mit Krallnägeln; die vordere Pfote ist dabei nur ein Drittel so groß wie die hintere, welche einer tüchtigen Mannshand an Größe gleichkommt. Auf lebende Säugethiere passen übrigens diese Spuren nicht genau, denn Affen haben viel längere Zehen und nicht so ungleich große Hände; Beutelthiere, wofür die meisten Zoologen sich entschieden, besitzen vorn keine Hände, auch nicht so große hintere; und endlich Amphibien, wenn sie Krallen tragen, ungleich längere, sperriger gestellte Zehen. Dennoch glaube ich, daß diese Spuren nur von Amphibien herrühren, und

---

zweier auf einander folgenden gegen 16 Zoll; die Spur des Vorderfußes (a) steht jedesmal dicht vor der des hinteren. An den Tapfen erkennt man eine stumpfere breite, fast senkrecht abstehende Zehe, und 4 spitzere, deren Spitzen aber nie scharf sind, sondern verschiedenartig zertrümmert; woraus man schließen darf, daß diese 4 Zehen Krallen trugen, deren Abdrücke beim Abheben der Sandsteinplatten abbrachen. Undeutlicher sind die Krallenspuren an den Vorderpfoten. Nimmt man nun an, daß die krallenlose Zehe der Daumen war, so schritt, sonderbarer Weise, der rechte Fuß (1, 3) nach links, der linke Fuß (2) nach rechts über die Mittellinie der Spur (m n) beim Gehen hinaus. Das Thier ging also mit kreuzweiser Stellung seiner Beine. Anzunehmen, der sogenannte Daumen sei die äußerste kleinste Zehe gewesen, verbietet außer seiner Größe und Stellung auch der tiefe Eindruck in den Sandstein neben dieser Seite der Spur, welcher anzeigt, daß die schlüpferige Thonmasse, worin das Thier trat, nach der Seite des Daumens hin nachgab und sich empor drängte, offenbar weil in dieser Richtung der stärkste Druck beim Auftreten erfolgte. Der geht aber, wie jede Spur zeigt, stets nach innen gegen die Mittellinie zu, nie nach außen, wenn nicht etwa das Thier ausglitt. Ich habe nämlich schon im Text erwähnt, daß die Fußtapfen und die Querrisse zwischen ihnen auf den Sandsteinplatten *erhaben* erscheinen, nicht *vertieft*, weil diese Sandsteinplatten nur den Abdruck von den eigentlichen Fußtapfen enthalten, welche in eine dünne, zwischen den Sandsteinen liegende schlammige Thonschicht *eingedrückt* waren. Diese Thonschicht zertrümmert beim Abheben der Sandsteinplatten, wegen ihrer Weichheit und geringen Stärke, doch bemerkt man an mehreren Stellen noch Reste derselben. Sie war, während die Thiere über sie weggingen, der Sonne ausgesetzt, lag also auf dem Trocknen, und zerriß wegen des schnellen Austrocknens in unregelmäßige Klüfte, die sich auf den Sandsteinplatten auch als *erhabene Leisten* darstellen. Einige Beobachter haben in diesen Leisten Wurzelgeflechte von Gewächsen sehen, sogar Blätter daran erkennen wollen; ich finde an den mir zugänglichen Exemplaren der Sandsteinplatten keine Gründe für eine solche Ansicht, und glaube, daß schon die isolirte Stellung vieler Leisten, ihr sanftes Auskeilen nach beiden Enden, und die kluftförmige, scharfeckige Gestalt aller die genügendsten Gegenbeweise darbieten. Meine Zeichnung lehrt das deutlich. Die kleinere Spur der Vorderpfote steht übrigens nie so regelmäßig, wie die hintere, sondern weicht theils nach innen, theils nach außen, bisweilen etwas nach vorn in ihrer Stellung zur hinteren Pfote ab.

einem der untergegangenen Labyrinthodonten zugeschrieben werden müssen, welche in den Schichten der Trias begraben liegen. Für ein solches würde freilich das Mißverhältniß beider Gliedmaßen und die Kürze der Zehen ebenfalls eine überraschende Anomalie sein, aber doch keine so große Paradoxie, wie die Halslänge von Plesiosaurus, oder der verlängerte Flugfinger bei Pterodactylus. Die Breite der Zehen widerspricht zwar ebenfalls dem Amphibientypus, kann aber etwas auf Rechnung des Eintrocknens geschoben werden, und mag daher größer erscheinen, als sie am Geschöpf selbst war. —

26.

Organisation während der tertiären und jüngeren Formation.

Um den Organisationscharakter der tertiären Epoche am besten übersehen zu können, ist es zweckmäßig, die Betrachtung möglichst auf die vollendeteren, hier zuerst auftretenden Geschöpfe zu beschränken und von den niedrigeren Abtheilungen des Pflanzen- und Thierreiches nur eben die Unterschiede zwischen dieser und der vorhergehenden Periode zu berücksichtigen.

Im Allgemeinen stimmen die Gewächse der tertiären Schichten weit mehr als die früheren, mit dem heutigen Vegetationscharakter ihrer Fundorte überein; besonders verrathen sie eine ähnliche Differenz nach Zonen und Himmelsstrichen, wie wir gegenwärtig auf der Erdoberfläche finden. Daher sind aus den Kohlenschichten der gemäßigten Ländergebiete die eigenthümlichen rein tropischen Formen, welche wir früher als baumartige Schachtelhalme oder Calamiten, als baumartige Lycopodien (Lepidodendron) und Farrenkräuter (Psaronius) kennen gelernt haben, eben so verschwunden wie die Palmen; an ihre Stelle dagegen Waldbäume der Gegenwart getreten, deren spezifische Differenz freilich immer noch auf veränderte äußere Zustände hinweist. Im Ganzen scheint damals auch die gemäßigte Zone noch etwas wärmer gewesen zu sein, als gegenwärtig; dies bezeugen manche ihrer thierischen Bewohner, welche in unseren Tagen sich das Tropengebiet als Heimath auserkoren haben.

Beachten wir übrigens die Art und Weise, wie vegetabilische Reste sich in den tertiären Schichten finden, so lernen wir außer den früher besprochenen Braunkohlenlagern (S. 235) noch eine Menge von Gebilden kennen, welche Pflanzentheile in Abdrücken oder Bruchstücken umschließen. Besonders sind es die Süßwasserkalk- und Gypsschichten, in denen häufig

Abdrücke von Blättern, kleinen Zweigen, oder ganzen Pflänzchen, zumal Moosen, sich erkennen lassen, und dadurch den Charakter der Binnenlandflora verrathen. Doch hat man auch in marinen Niederschlägen, wie eben im Grobkalk, Pflanzenabdrücke, die nicht von Meergewächsen herstammen, beobachtet, während andere Schichten, z. B. die bekannten vom Monte bolca, Seegewächse mit Fischen und Landgewächsen untermischt umschließen. Auch der plastische Thon, sowohl der ältere, welcher unter den Braunkohlen liegt, als auch die jüngeren Straten über dem Grobkalk, enthalten Pflanzenblätter und Stammbruchstücke; ja selbst die etwas festeren Sandsteine dieser Periode pflegen ähnliche Petrificate zu liefern. So ist denn im Ganzen eine ergiebige Fundgrube fossiler Gewächse in tertiären Niederschlägen vorhanden, und schon deshalb die Flora dieser Periode viel reicher, als die Flora der secundären Epoche.

Die einzelne Betrachtung der Pflanzenfamilien, welche man bisher aufgefunden hat, ist übrigens kaum nothwendig, da die meisten Reste fossiler Gewächse nur eben eine ganz allgemeine Bestimmung der Gruppe oder Familie zulassen, und nie eine klare Darstellung des ganzen Vegetationscharakters liefern. Wir werden uns darum auf eine kurze Berücksichtigung solcher Familien beschränken, deren Reste die eine oder die andere tertiäre Schicht ganz besonders auszeichnen, und hiernach wird dann jeder Leser sich leicht ein Bild von der gesammten Flora der tertiären Epoche selbst zusammenstellen können. — Die unvollkommensten Gewächse des genannten Zeitraums sind Algen, namentlich Seealgen oder Fucoiden, von denen vielfache Spuren in den Grobkalkschichten am Monte bolca sich finden. Ihnen stehen die Moose aus dem Pariser Grobkalk zunächst. Interessanter als beide Formen für die Charakteristik der damaligen Verhältnisse ist das häufige Vorkommen der Gyrogoniten; kugelige oder elliptische, aus spiralig gewundenen Schläuchen gebildete Früchte der Charen, nicht größer als Stecknadelköpfe, aber so häufig, daß ganze Schichten des Pariser Gypses oder oberen Grobkalks mit ihnen durchwebt erscheinen. Die Pflanzenform, von der sie herstammen, findet sich noch jetzt häufig in Lachen, Gräben, Teichen, selbst in kleinen Salzbecken, und giebt ein sehr entschiedenes Zeugniß ab über die Verhältnisse ihrer Fundorte in früherer Zeit. Systematisch steht übrigens Chara den Schachtelhalmen zunächst und bildet die zweite Familie der caulocarpen acotyledonischen Gefäßpflanzen. Equiseten finden sich ebenfalls, aber nicht mehr in so eigenthümlicher Form wie früher; ihre Arten haben die heutigen Verhältnisse angenommen. Dasselbe gilt von den Lycopodien und Farrenkräutern, deren Reste man beobachtet hat; alle drei Formen sind in Braunkohlenschichten nachgewiesen, und waren ohne Zweifel damals, wie jetzt, Bewohner der Waldungen, aus denen die Kohlen hervorgingen. Daß letztere vorzugsweise aus Nadelhölzern bestanden, ist durch die mikroskopische Untersuchung des bituminösen Holzes dargethan worden; auch findet man Früchte und Zweige mit Blättern, welche ganz die Charak-

tere der Nadelhölzer besitzen. Indeß scheinen mehrere (Retinodendron, Megadendron, Taxodium) generisch von heutigen Gattungen verschieden zu sein. Der Bernstein, dessen früher (S. 236) gedacht wurde, stammt wahrscheinlich von Bäumen dieser Familie. Ob auch Palmen noch an den damaligen Waldungen Antheil nahmen, ist nicht ganz ausgemacht, indeß wahrscheinlich, weil man einzelne Spuren derselben, besonders Stammstücke, in der Braunkohle Böhmens gefunden haben will; die meisten Reste aus dieser Familie bestehen in Blattabdrücken, die dem Grobkalk, also den unteren tertiären Schichten, angehören. In den mittleren und oberen Straten scheinen sie wenigstens in der gemäßigten Zone; gleich den Cycadeen, zu fehlen. Nach den Coniferen sind übrigens die Laubhölzer (Amentaceae) in der Braunkohle am häufigsten; man kennt Früchte, die auf Pappeln, Weiden, Erlen, Haselnüsse, Buchen und andere verwandte Formen hinweisen, und die große Aehnlichkeit der damaligen Zeit mit der Gegenwart in unserer Heimath immer mehr herausstellen. Auch Blüthen erlenartiger Pflanzen hat man gefunden, und daraus sogar den Pollen in seiner eigenthümlichen Struktur noch entwickeln können. An der Kohlenbildung dieser Periode nahmen übrigens auch Wallnüsse und Ahorne Antheil, denn deren Früchte finden sich darin; sie beweisen eine Mischung nordamerikanischer mit europäischen Formen in derselben Gegend, und verrathen dadurch eine größere Uebereinstimmung der östlichen und westlichen Halbkugel für die damalige Zeit. Dieselbe wird durch das Auffinden von Tulpenbaumblättern in europäischen tertiären Schichten noch erhöht, wenn anders die merkwürdige Blattform dieses Baumes in jener Zeit nicht anderen, von der heutigen Gattung verschiedenen Pflanzen zukam. Alle übrigen vegetabilischen Reste, welche man kennt, sind nur in einzelnen Repräsentanten gefunden worden, und können kein großes Interesse erwecken; doch dürfte das Vorkommen mehr südlicher Formen in Braunkohle führenden Thonschichten des Gergovia-Berges bei Ménat in der Auvergne wieder zu dem Schluß berechtigen, daß auch die letzte Periode vor der Gegenwart im Ganzen ein wärmeres Klima als die jetzige besaß. Wenigstens wachsen jetzt keine Myrtaceen und Laurineen mehr wild in den Ländern nördlich von den Alpen, und eben so wenig gedeiht hier die Baumwollenstaude im Freien. Und doch hat man Reste von diesen Gewächsen daselbst neben Wegerich (Plantago), Ochsenzunge (Anchusa), Brombeeren (Rubus) und Nelkenformen entdeckt.

Die Petrifikate des Thierreiches erstrecken sich durch alle Klassen, und gewähren ein sehr anschauliches Bild von der großen, in den niederen Abtheilungen sogar spezifischen Uebereinstimmung jenes Zeitraumes während der Bildung tertiärer Schichten mit der gegenwärtigen Epoche. Fast nie, mit Ausnahme einiger Amphibien, giebt es in diesen Straten, in den älteren wie in den jüngeren, irgend eine Familie oder noch weniger eine höhere Gruppe, welche der Gegenwart ganz fehlte; und stets sind es nur einzelne

Genera, die beiden Zeiträumen abwechselnd fehlen oder zukommen. Daher ist die Gegenwart nicht immer im Vortheil des größeren Reichthums, oft erscheint sie, wie z. B. bei den Pachydermen oder vielhufigen Säugethieren, sogar arm gegen die antediluvianische Epoche; und wenn sie die letztere an Formenreichthum überbietet, so sind es die höheren und vollendeteren Gestalten, welche sie vor jener Periode voraus hat. Hierdurch giebt sie sich freilich als eine Zeit des Fortschrittes zu erkennen, und kann sich leicht über einen Mangel trösten, der streng genommen als Vortheil betrachtet werden muß. — Zugleich würde darin ein noch immer bedeutender Unterschied zwischen der tertiären und gegenwärtigen Organisation sich aussprechen; ein Unterschied, der bei näherer Vergleichung einzelner Gegenden aus beiden Epochen nur zunimmt. Denn die Differenzen der Zonen und geographischen Gebiete, welche gegenwärtig sehr einleuchtend sind, existirten zwar damals, aber in geringerem Grade. So finden sich, um nur Eins zu erwähnen, in den tertiären Sedimenten Elephanten und Mastodonten auf der östlichen wie auf der westlichen Halbkugel, während gegenwärtig die letzteren auf beiden fehlen, die Elephanten aber nur auf der östlichen vorkommen. Nicht bloß aus diesem einen Beispiele, sondern aus mehreren ähnlichen, läßt sich die größere Uebereinstimmung der Organisation auf beiden Hemisphären, wenigstens in der nördlichen Halbkugel, nachweisen; welches Resultat wir so eben noch (S. 450) bei Betrachtung der tertiären Pflanzen aussprachen. Indeß nicht für alle Gegenden der damaligen Erdoberfläche scheint es in gleicher Weise gültig zu sein, und namentlich südwärts unsicherer zu werden. In dieser Richtung schieden sich auch die tertiären Formen schärfer in östliche und westliche Repräsentanten, namentlich bei Familien, welche, gleich den Edentaten und Beutelthieren, auch jetzt ihre sehr beschränkten Heimathsorte besitzen. Tertiäre Faulthiere, sowohl kletternde wie grabende, die gegenwärtig ausgestorben sind, kennt man nur in amerikanischen Tertiärschichten; und pflanzenfressende Beutelthiere bewohnten damals, wie jetzt, nur Neuholland, keine andere Erdgegend. — Es ist demnach die tertiäre Epoche, wenn auch weniger uniform als die secundäre, doch keineswegs, organisch betrachtet, so mannigfaltig und vollkommen gebildet, wie das gegenwärtige, postdiluvianische Zeitalter unserer Erde. —

Verfolgen wir die Klassen der Thiere im Einzelnen, so finden wir die Infusorien unter ganz ähnlichen Verhältnissen wie in der Kreideperiode wieder. Wir haben sie dort (S. 228) als constituirende Bestandtheile ganzer Schichten kennen gelernt, und zwei Familien, die kalkerdehaltigen Foraminiferen, von den Kieselerde liefernden Bacillarien unterschieden [1]). Gerade eben so treten diese Geschöpfe in den tertiären Schichten

1) Die früher (S. 225) angedeutete Vermuthung, daß die Foraminiferen Infusorien seien, rührt von Dujardin her, gegen den Ehrenberg aufgetreten ist,

auf, aber minder allgemein und häufig. Die Bacillarien liegen in einzelnen kleinen Becken, deren Ursprung aus Süßwasserseen in der Regel keinem Zweifel unterliegt, und bilden erdige oder mehlige Massen, die unter den Namen von Bergmehl, Kieselguhr, Polirschiefer und Tripel bekannt sind. Manche werden durch die Härte der Kieselschaalen, aus denen sie bestehen, als Putzpulver brauchbar; andere enthalten noch so viele organische Materie, daß sie selbst von Menschen, wie namentlich in Lappland, als Nahrungsmittel sich benutzen lassen, und, mit wirklichem Mehle gemischt, die Stelle des Brodes einnehmen. Die meisten stammen von den noch jetzt an ähnlichen Orten vorkommenden Gattungen Navicula, Bacillaria, Gaillonella, Eunotia u. a. ab, und gehören einer Gruppe von Wesen an, über deren thierische oder pflanzliche Natur die Beobachter sich noch streiten. Dies gilt freilich nicht von den Foraminiferen; allein ob sie zu den Infusorien oder zu den Polypen gehören, ist keineswegs entschieden. Wir behandeln sie einstweilen hier, auf der Grenze von Infusorien oder Polypen, wie ich glaube, mit größerem Rechte, als die Bacillarien, da deren pflanzliche Natur mir annehmlicher zu sein scheint, als die thierische. Die Foraminiferen sind übrigens Kalkschaalen von mikroskopischer Größe, die aus einzelnen hinter einander liegenden Kammern bestehen, auf den Scheidewänden der Kammern bald eine größere, bald vielfache kleine Oeffnungen besitzen, und theils vom Anfange an immer größere Kammern bilden, theils lauter gleiche. Diese Kammern sind nach verschiedenen Schematen an einander gefügt, liegen aber gewöhnlich in einer Ebene, theils spiralig aufgerollt, theils antithetisch von links und rechts gegen einander gelegt, theils einreihig und geradlinig auf einander folgend [2]). Die gegenwärtigen Repräsentanten dieser Geschöpfe finden sich im Meere und sitzen auf Seepflanzen, oder liegen zu Millionen im Ufersande; und unter ähnlichen Verhältnissen, als Beimengungen mariner Absätze, werden sie in tertiären Schichten gefunden. Manche, wie namentlich Nummulina oder Lenticulina und Miliola, sind ungemein häufig, und haben dann zur Benennung solcher Schichten nach ihnen als Nummuliten- oder Lenticuliten-Kalk Veranlassung gegeben. Kleine Scheiben von Erbsengröße, aber flach, und aus vielen Kämmerchen zusammengesetzt, machen dies Genus leicht kenntlich. Der Kalk, aus dem die ägyptischen Pyramiden aufgeführt wurden, wahrscheinlich ein Glied der Kreidegruppe, besteht fast ganz aus den Schaalen dieser Geschöpfe, und erklärt Strabon's Erzählung, daß die

---

indem er ihnen ihre Stelle unter den Bryozoen nachzuweisen sucht. Obwohl diese Ansicht die richtigere zu sein scheint, so ist sie doch keineswegs ganz sicher begründet, und bedarf noch einer umfassenderen Beweisführung durch neue Thatsachen. —

2) Im zweiten und dritten Fall pflegen die späteren Kammern immer größer zu werden, was sehr gegen die Richtigkeit der Annahme, daß diese Thiere bryozoenartige Polypen sind, streitet.

Arbeiter jener Riesenwerke Linsen ausgestreut hätten, die dann zu Stein geworden seien, welcher ihnen als Material zum Fortbauen diente; so gehe die alte Sage. Meine Leser wissen jetzt, daß es nicht die ägyptischen Arbeiter waren, sondern die auf der Erdoberfläche allmälig fortschreitende Sedimentbildung, welche die linsenförmigen Thiergehäuse in den Stein einschloß, der viele Jahrtausende später zum Bau der kolossalsten aller menschlichen Denkmale benutzt wurde.

Die eigentlichen Polypen der tertiären Schichten sind nicht zahlreich, im Ganzen wohl, weil so viele Straten dieser Periode aus Niederschlägen süßer Gewässer entstanden, und die wenigen Polypen, welche darin wohnen, nur sehr zarte Hüllen besitzen. Man kennt wohl deshalb noch gar keine Seeschwämme (Spongiae) aus dieser Zeit, und sollte sie, wenn sie vorhanden wären, nicht, wie es geschieht, unter den Polypen aufführen, da sie schwerlich dem Thierreich, sondern dem Pflanzenreich angehören. Von Bryozoen hat man mehrere kalkige Formen der Gattungen Eschara, Retepora, Cellepora beobachtet; auch Gattungen, die nicht mehr lebend vorkommen, wie Lunulites, Cupularia, Dactylopora und Ceriolina. Sie finden sich im Grobkalk oder im Muschelsande (S. 243). Die Anthozoen sind kaum zahlreicher und gehören theils lebenden Gattungen, wie Isis, Millepora, Madrepora, Caryophyllia, Astrea, Maeandrina und Fungia an; theils ausgestorbenen, unter denen Turbinalia und die fungienartige Gattung Cumulipora mit den häufigsten oder merkwürdigsten Arten auftreten.

Ganz ähnlich wie die Polypen verhalten sich in der tertiären Epoche die Radiaten, wahrscheinlich wohl aus denselben Gründen. Tertiäre Crinoideen kennt man mit Sicherheit noch gar nicht, da die gefundenen Bruchstücke aus älteren Formationen verschleppt zu sein scheinen. Asteroideen sind sehr selten; am häufigsten dagegen Echinoideen, und darunter besonders die symmetrischen Gattungen Clypeaster, Echinoneus und Scutella, welche den früheren Perioden fehlten, in der Gegenwart aber noch lebend sich finden. Doch giebt es hier auch Gattungen aus älterer Zeit, welche gegenwärtig nicht mehr existiren, wie Holaster, Nucleolites, Abracia, früher aber theils im Jura, theils in der Kreide angetroffen wurden. Die erwähnten, den tertiären Schichten mit der Gegenwart gemeinsamen Gattungen finden sich übrigens vorzugsweise in den pliocenen und miocenen Straten, besonders in den marinen Sandsteinen und Sandmergeln; doch werden auch einige aus dem Grobkalk erwähnt, darunter selbst noch lebende, an tropischen Küsten aufgefundene Arten, deren Identität indeß fraglich sein dürfte.

Von großer Bedeutung für das Alter der verschiedenen tertiären Niederschläge, aber viel weniger für die Bestimmung des eigenthümlichen Organisationscharakters während derselben, sind übrigens die zahlreichen Muschel- und Schneckenschaalen, welche sie enthalten. Man hat bereits

über 200 verschiedene Gattungen und gegen 4000 Arten daraus hervorgezogen; allein unter den ersteren kaum 40, die der Gegenwart fehlen. Wenn dies der Fall ist, so gehört die Gruppe in der Regel der tertiären Epoche ausschließlich an, denn nur ein Achtel derselben findet sich zugleich in der Kreide. Auffallend ist übrigens das ganz analoge numerische Verhältniß dieser Gattungen hinsichtlich ihrer Vertheilung in die vier großen, bisher immer von uns berücksichtigten Ordnungen, mit der Gegenwart; denn bloß 4 von ihnen sind Brachiopoden, 3 Cephalopoden, dagegen fast 100 Gastropoden, und über 80 Cormopoden. Hier überwiegen also die Schnecken ganz entschieden, und wieder unter ihnen die bis dahin seltneren Zoophagen. Auch hat keine ältere Formation einen nur einigermaßen entsprechenden Reichthum von Süßwasser- oder Landschnecken. Wie sich diese Beziehungen auch während der tertiären Epoche noch wesentlich in den älteren und jüngeren Schichten ändern, wurde schon früher (S. 233) nachgewiesen. Von den merkwürdigsten Formen der älteren Perioden fehlen die eigenthümlichen Brachiopoden der Gruppe Delthyris, welche wir schon in der Kreide vermißten, gänzlich; auch ächte Terebrateln sind nicht zahlreich, etwa 16 Arten, und zwar lauter glatte, zarter gebaute Spezies, wie sie in der Gegenwart und in der Kreide, doch zuerst schon im Muschelkalk, vorkommen; 6 davon scheinen der tertiären Epoche eigen zu sein, 5 theilt sie mit der Kreide, und eben so viele mit der Gegenwart. Außerdem kommen nur Gattungen vor, die ebenfalls zu den lebenden gehören. Noch ungünstiger stellt sich die Beziehung der Cephalopoden zu den drei genannten Perioden für die tertiäre heraus. Die charakteristischen Belemniten und Ammoniten der Kreide verschwinden, wie in der Gegenwart; dagegen erscheinen ächte Nautili mit gelappten Scheidewänden, die sich den Clymenien ähnlich zu noch lebenden Formen verhalten. Wie letztere das Uebergangsglied zu den Ammoniteen in der ältesten Zeit bilden, so diese Nautili (Aturia oder Aganides) in der jüngsten; sie bewirken den allmäligen Fortgang von der einen Familie zur andern in beiden Perioden, und zeigen das Bestreben, die Gegensätze der Formen durch Zwischenglieder zu vermitteln, auch hier sehr deutlich. Ganz analog treten als Mittelglieder zwischen den ächten Sepien und den Belemniten die Gattungen Beloptera und Belosepia auf, indem an ihrem langen schmalen Rückenknochen statt des großen Kegels der Belemniten ein kleiner kalkiger einwärts gekrümmter Schnabel hängt, dessen innere konische Höhle bei Beloptera wie bei den Belemniten mit Scheidewänden und Sipho versehen war. Alle Arten beider Gattungen sind fossil und den unteren tertiären Schichten (dem Grobkalk) eigenthümlich. So wäre denn in den Cephalopoden dieser Periode eine gewisse Selbstständigkeit wenigstens der älteren Zeiträume noch zu erkennen [3]). —

---

3) Fortgesetzte Untersuchungen über die tertiären Conchylien der verschiedenartigsten Fundorte haben zwar eine größere Menge neuer Arten kennen gelehrt, allein

Die Gliederthiere spielen auch in der Tertiärepoche, wie in allen früheren, eine sehr untergeordnete Rolle, was wohl mehr auf Rechnung ihrer weichen, höchst verletzlichen und sehr kleinen Körper zu schieben ist, als auf die größere Armuth derselben in früherer Zeit. Man kennt nur die mit härteren Panzern bedeckten Krebse, oder die im Bernstein uns aufbewahrten Insekten, etwas genauer. Würmer fehlen, mit Ausnahme einiger Serpula-Röhren, gänzlich. Die Krebse gehen dagegen mit mehreren Repräsentanten durch alle Hauptabtheilungen der heutigen Formenreihe hindurch. Von der merkwürdigen, haftenden, im reifen Lebensalter unbeweglich fixirten Familie der Rankenfüßer (Cirripedia) fanden wir in der Kreide die ersten Spuren; sie fehlen auch hier nicht, sind aber zahlreicher und mannigfaltiger, indem alle lebenden Hauptformen sich

---

in der Hauptsache kein anderes Resultat geliefert. Die jüngsten Tertiär-Conchylien treten den gegenwärtig an denselben Orten einheimischen Arten im Allgemeinen sehr nahe, und eine nicht geringe Zahl beider Epochen sind identisch; vorausgesetzt, daß sie dasselbe Element bewohnen. Wenn also fossile Meeres-Conchylien an Orten sich finden, die jetzt weit vom Meere entfernt liegen, so darf man begreiflicher Weise keine Art an derselben Stelle noch lebend suchen, sondern nur in benachbarten Meeren. Interessant ist dabei die Thatsache, daß solche Meeres-Conchylien gegenwärtig mehr in südlich, als in nördlich nahe gelegenen Meeren angetroffen werden. Am deutlichsten zeigen es die Tertiär-Conchylien des nördlichen Deutschlands, von denen nur sehr wenige lebend in der Nord- oder Ostsee vorkommen, dagegen bei weitem mehr im Mittelmeere. Minder fällt es auf, daß die Aehnlichkeit eben dieser Conchylien mit den obertertiären Italiens (der Apenninenformation) viel größer ist, als mit den gegenwärtigen des Mittelmeeres; während sie zugleich den untertertiären des Pariser Beckens entfernter stehen, als der Gegenwart. Dagegen zeigen die obertertiären Meeres-Conchylien verschiedener Fundorte des mittleren Europas eine sehr große, ja fast vollkommene Uebereinstimmung unter einander. Die Land- und Süßwasser-Conchylien sind weniger allgemein durch die tertiären Schichten verbreitet, und eignen sich deshalb nicht so gut zur Aufstellung allgemeiner Resultate. Das Rheinthal besitzt im Löß ein der Diluvialepoche nahe stehendes mächtiges Süßwassergebilde, das zahlreiche Individuen von Land- und Süßwasser-Conchylien, aber nur wenige verschiedene Arten umschließt. Es sind größtentheils Bewohner feuchter, schattiger Hochwaldungen, die in kühlen Gebirgsgegenden lebten, und den Ursprung des Lößes aus alpinen Gewässern deutlich verrathen. Bei weitem die meisten existiren noch, aber manche von ihnen nur in der benachbarten Schweiz; die Zahl der gegenwärtig an beiden Orten fehlenden ist gering, sie scheint $^1/_{12}$ der ganzen Menge zu betragen. Unter dem Löß folgt das marine Tertiärgebilde des Mainzer Beckens (S. 244), dessen Conchylien 270 verschiedenen Arten angehören, wovon etwa 70 Landschnecken und 28 Süßwasserbewohner sind. Nur 10 von den Landschnecken existiren noch lebend in derselben Gegend, aber 44 fehlen wenigstens in Europa der lebenden Schöpfung ganz. Mit der jüngeren Zeit des Lößes hat diese Schicht nur vier Arten gemein. — Nach allen Thatsachen stellt sich also das Resultat heraus, welches wir schon oft aussprachen: Die Aehnlichkeit der Gegenwart mit der Vergangenheit ist um so größer, je näher ihr der verglichene Zeitpunkt liegt; um so geringer, je ferner er rückt. Zugleich bestätigt selbst die Vergleichung der jüngsten organischen Tertiärschöpfung mit der heutigen, daß wärmere Zonen in unseren Gegenden dem heutigen sehr gemäßigten Klima unmittelbar vorangingen. —

zeigen. Nächst ihnen sind die zweiklappigen Schaalen der Gattungen Cypris und Cythere zu erwähnen, welche in großer Menge an der Bildung mancher Süßwasserkalksteine Antheil nehmen. Noch jetzt findet man ähnliche Geschöpfe in allen Lachen und Teichen mit klarem Wasser. Vom moluckischen Krebs (Limulus), dessen Dasein wir zuerst in den oberen Juraschichten kennen lernten, fehlen, wie in der Kreide, so auch in den tertiären Straten, beglaubigte Reste. Dagegen erscheinen neben Stomatopoden und Macruren, dergleichen schon im Jura und in den beiden tieferen Hauptschichten der Trias vorkamen, hier die Brachyuren, welche in der Kreide zuerst auftreten, zahlreich wieder; ingleichen die ersten wahren Ringelkrebse (Arthrostraca) mit frei beweglichem Kopf und unbeweglichen Augen, nämlich Isopoden. Ihre Panzerstücke sind übrigens zu weich, um bedeutenden Drucken widerstehen zu können; daher finden wir sie selbst in Tertiärschichten nur selten, und vermissen sie vielleicht eben deshalb in der Kreide ganz. Die auf dem Lande lebenden Onisciden hat man im Bernstein beobachtet. Ebendaselbst finden sich mehrere Spinnen und Scorpione; andere Exemplare entdeckte man im Süßwassermergel von Aix, der auch sehr reich ist an Insekten der verschiedensten Abtheilungen. Solche in den entlegensten Gegenden aufgefundene Süßwassergebilde, die als Niederschläge von Binnenseen zu betrachten sind, enthalten nicht unbedeutende Mengen dieser Geschöpfe, und haben schon eine recht ansehnliche Insektenfauna der tertiären Formationen zu Tage gefördert. Nächst ihnen ist es der an Insektenkörpern so reiche Bernstein, welcher Aufschlüsse über die tertiäre Insektenwelt ertheilt; aus allen geht zwar keine genaue spezifische Identität der damaligen Zeit mit der Gegenwart hervor, aber dennoch eine sichtbare Annäherung an die Verhältnisse der jetzigen gemäßigten Zone. Zwar finden sich außereuropäische Formen auch hier, aber eigentlich doch keine überraschenden tropischen Gestalten, welche ein viel heißeres Klima und eine sehr üppige Vegetation wahrscheinlich machen. Zu den merkwürdigsten Gebilden möchten wohl, ihrer Häufigkeit wegen, die Gehäuse der Phryganeenlarven oder Sproken gehören, welche man in der Auvergne in solchen Süßwassermergeln angetroffen hat; ihre Struktur stimmt mit den heutigen ähnlichen Gebilden völlig überein, allein ihre Größe ist sehr beträchtlich, da manche über 2 Zoll lang sein sollen und gegen 1/2 Zoll Durchmesser haben. Als Indusia tubulata wurden diese Röhren zuerst bekannt, und darnach die Kalksteine, welche ganze Schichten von ihnen enthalten, mit dem Namen Indusitenkalk belegt. —

Kommen wir nun zu den tertiären Rückgratthieren, so treffen wir zunächst unter den Fischen größtentheils auf Gattungen, die in der Gegenwart noch vorhanden sind; ob zum Theil mit denselben Arten, oder stets nur in ähnlichen, analog gebildeten, ist zur Zeit noch zweifelhaft. Die älteren Formen der Eckschupper fehlen zwar nicht ganz, allein sie

sind sehr selten, und gehören, wie in der Kreide, Gattungen an, die schon im Jura vorkommen (Pycnodus, Sphaerodus). Im Grobkalk kennt man von ihnen nur Zähne, daher es fraglich sein dürfte, ob sie auch wirklich sich hier an primitiver Lagerstätte finden. Von den ächten Knochenfischen mit kamm- oder kreisförmigen Schuppen (Ctenoides und Cycloides, S. 364) hat man die meisten lebenden Familien und gerade solche immer am häufigsten wahrgenommen, die auch in der Gegenwart die umfassendsten und zahlreichsten sind. Sie liegen gewöhnlich im Grobkalk, oder in den Thonschichten der Braunkohlen, gehören also mehr den ersten eocenen Gruppen, als den späteren tertiären Schichten an. In diesen erscheinen überwiegend nur Süßwasserfische und Knorpelfische, besonders die schon in der Kreide so häufigen Zähne von Haien und Rochen. Der reichste Fundort fossiler Fische ist übrigens der Grobkalk am Monte bolca bei Verona; man hat daraus schon 77 Gattungen mit 127 verschiedenen Arten kennen gelernt; 39 Gattungen mit 81 Arten existiren noch jetzt lebend, wenn anders die Artidentität feststeht, 33 Gattungen mit 46 Arten sind erloschen.

Die Amphibien, bisher immer die merkwürdigste Klasse der antediluvianischen Rückgratthiere, behalten nur einen sehr geringen Theil der früheren Sonderbarkeiten bei, indem ihre paradoxen Gestalten, wie ich das bereits ausgesprochen habe, mit der tertiären Epoche auf die Säugethiere übergehen. Im Ganzen scheint dieser Zeitraum viel ärmer an Mitgliedern der genannten Gruppe gewesen zu sein, als die Perioden vor ihm, woraus sich also auch in den numerischen Verhältnissen der Klasse zu den übrigen eine größere Uebereinstimmung mit der Gegenwart ergiebt. Große Seeungeheuer, wie sie die Juraschichten und zum Theil die Kreideglieder in Resten uns aufbewahrt haben, fehlen; dagegen werden die bisher selteneren Land- und Süßwasser-Amphibien häufiger. Die letzteren liegen gewöhnlich in ganz anderen Schichten, als die Fische, und verrathen auch dadurch ihren Ursprung aus einem verschiedenen Medium. Unter den 20 Gattungen, welche man aus den tertiären Formationen in etwa 50 Arten kennt, sind gegen 16 Schildkröten, 8 krokodilartige Eidechsen, 8 Schlangen, 8 Frösche und 6 andere nackthäutige Amphibien; allein die meisten haben sich in zu unvollständigen Bruchstücken erhalten, als daß es möglich wäre, ihre spezifische Identität mit noch lebenden genügend festzustellen oder zu verneinen. Wir verweilen daher nur noch bei einigen besonders merkwürdigen Formen. In dieser Beziehung dürfte das Gebein eines riesenmäßigen Salamanders (Cryptobranchus diluvianus s. primigenius, Proteocordylus diluvii, Andrias Scheuchzeri) unsere Aufmerksamkeit am meisten in Anspruch nehmen, da es nach der ältesten Darstellung Scheuchzer's (1726) lange Zeit für ein menschliches Skelet galt, aus dem der untrüglichste Beweis antediluvianischer Menschen abgeleitet wurde. Diese Täuschung, so sonderbar sie uns auch erscheinen mag, war indeß möglich, weil

dem Knochengerüste der Schwanz und die Enden der Gliedmaßen fehlten, mithin schon ein genaueres osteologisches Studium erfordert wurde, um aus so verstümmelten Gebeinen die wahre Organisation des Geschöpfes zu errathen. Cuvier erkannte zuerst in ihnen den Salamander, nachdem P. Camper schon die Amphibiennatur ausgesprochen, allein eine Eidechse darin vermuthet hatte; während Blumenbach und ältere Schriftsteller

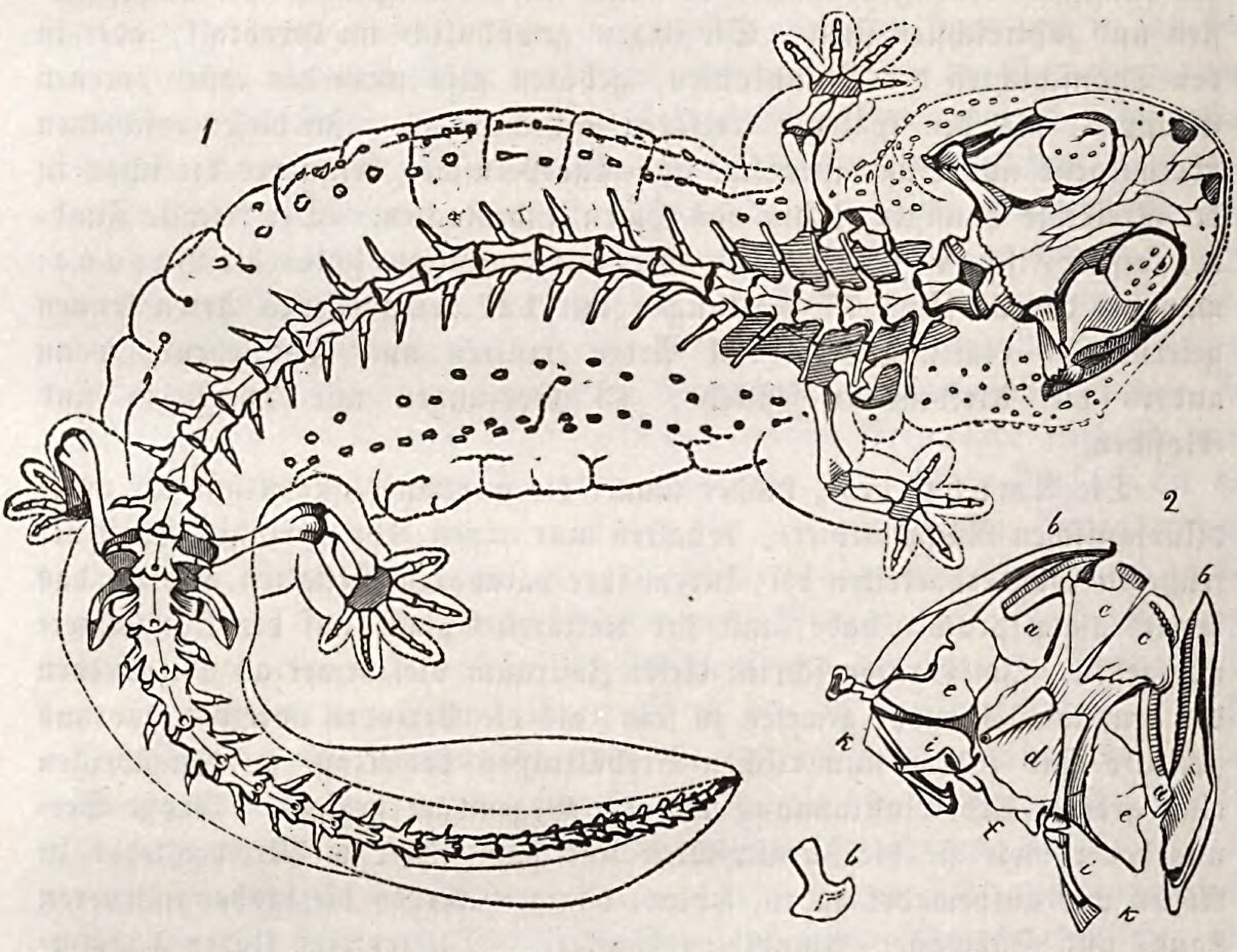


Fig. 1. Cryptobranchus japonicus (Salamandra maxima *Schleg.*), das Skelet mit dem Umriß des Thieres; 2. Schädel von Cr. primigenius von unten; a. Oberkiefer; b. Unterkiefer; c. Pflugscharbein; d. Keilbein; e. Gaumenbein; f. Hinterhauptsbein; ii. Zungenbeinhörner; kk. Paukenknochen; l. Schulterblatt.

die Knochen einem welsartigen Fisch zuschrieben. Später ist durch Auffindung eines großen, 3 Fuß langen Salamanders in Japan, dessen Abbildung wir mittheilen, die Richtigkeit der Cuvier'schen Ansicht entschieden und von anderen Gelehrten dargethan worden, daß dieser Salamander mit dem vorweltlichen und einer dritten Art, die bleibende Kiemenspalten am Halse trägt (Menopoma alleghanensis) und in den Seen Nordamerikas sich aufhält, in eine und dieselbe Gattung gehöre, mithin keineswegs ein so räthselhaftes Geschöpf sei, wie es nach den früheren abweichenden Ansichten über dasselbe erscheinen mußte [4]). Man kennt übrigens von ihm

4) Die generische Uebereinstimmung des Salamanders aus Japan mit dem von Oeningen, welche van der Hoeven (Tydschrift, etc. 1838) nachgewiesen hat,

mehrere Exemplare aus dem Oeninger Süßwasserkalk, dessen Lagerung im oberen Theile der Molasse auf ein gleiches Alter, also auf die mittleren tertiären Schichten hinweist.

Fossile Vögel gehören überall, und so auch in den tertiären Schichten, zu den Seltenheiten; finden sich jedoch hier ungleich häufiger, als in früheren Formationen. Man kennt etwa 50 verschiedene Gattungen in einzelnen Knochen oder Knochenfragmenten, hat aber nur wenige ganze Skelette gefunden; daher alle Angaben im höchsten Grade zweifelhaft sind und kaum eine generische, geschweige denn eine spezifische Sicherheit erlauben. Nach solchen Bruchstücken scheint es indessen fest zu stehen, daß alle gegenwärtigen Hauptgruppen, als Raubvögel, Klettervögel, Tauben, Hühner, Sumpfvögel und Schwimmvögel, damals vorhanden waren. Ihre Gebeine finden sich theils in Süßwasserschichten, wie namentlich im Pariser und Auvergner Gyps, theils in Knochenhöhlen und Knochenbreccien, wohin sie mit den Gebeinen anderer Rückgratthiere durch die Fluthen geschleppt wurden. Die größere Zerbrechlichkeit aller Vögelknochen, bedingt einerseits durch die Kleinheit derselben, andererseits durch die hohle pneumatische Beschaffenheit der meisten, bringt es mit sich, daß sie unter den zerstörenden Gewalten, die bei Anschwemmungen nothwendig stattfinden mußten, sich nicht gut im Conflikt mit größeren und schwereren Säugethiergebeinen erhalten konnten [5]).

Die wichtigsten Petrifikate der tertiären Formationen sind ohne Zweifel die vielen Säugethierreste, welche man in ihnen aufgefunden hat; sie beanspruchen daher unsere Aufmerksamkeit ganz besonders, und nicht bloß weil sie am häufigsten vorkommen, sondern auch weil in dieser Periode die Säugethiere zuerst in Masse erscheinen, und das verschiedene Alter der auf einander folgenden Schichten durch ihre Abweichung von einander, wie von den Typen der Gegenwart, deutlich verrathen. —

Sprechen wir zuerst über ihre Fundorte, so sind es keineswegs bloß die neptunischen Schichten selbst, aus denen die Tertiärformation besteht, sondern auch zwei eigenthümliche, bisher von uns noch nicht beachtete

---

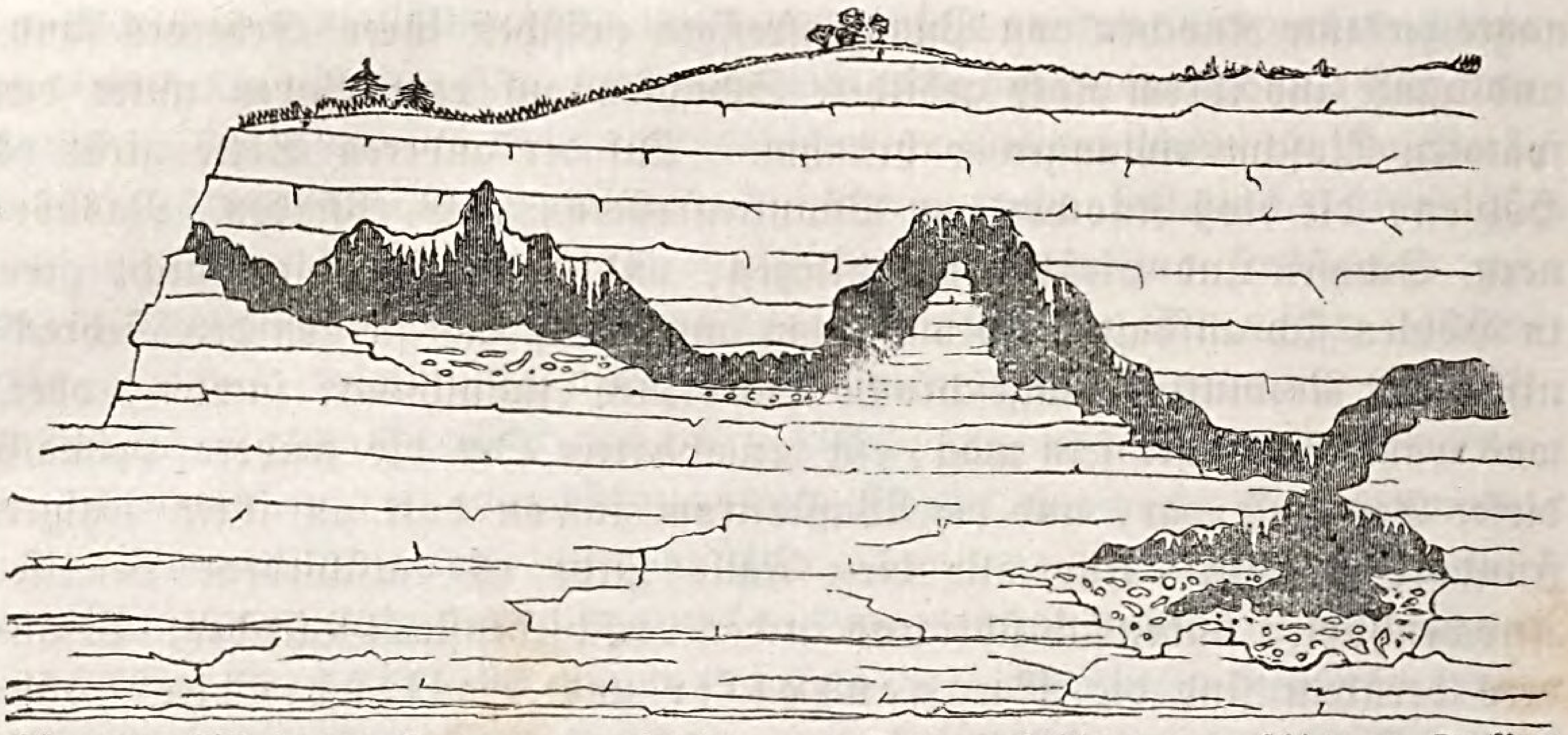
scheint mir unbedenklich und die Erfindung eines neuen Gattungsnamens für den urweltlichen überflüssig. Auch Menopoma ist osteologisch nicht von jenen beiden großen Salamandern verschieden, und möchte am besten derselben Gattung einverleibt werden. Unsere Abbildung des japanischen Thieres hat dasselbe Größenverhältniß, wie der nebenstehende Schädel des fossilen; eine Vergleichung beider zeigt, daß der letztere relativ etwas breiter war, als der Kopf des Japaners, sonst aber seine Bildungsverhältnisse besitzt. Nicht minder harmonirt das Skelet bei beiden Arten, soweit eine Vergleichung zwischen ihnen möglich ist, in allen Hauptsachen und läßt nur spezifische Unterschiede erkennen.

5) Auf Neuseeland hat man ganz kürzlich die Gebeine eines riesenmäßigen straußartigen Vogels: Dinornis entdeckt, von dem Owen mehrere Arten unterscheidet. Reisende behaupten, daß er noch in historischer Zeit daselbst gelebt habe. Die von mir in Berlin untersuchten Dinornis-Knochen sind augenscheinlich nicht fossile. —

Lagerstätten, welche nach der Menge ihres Inhaltes zu den schon gebrauchten Benennungen von Knochenhöhlen und Knochenbreccien Veranlassung gegeben haben. Knochenhöhlen sind natürliche Lücken in Kalksteinen der verschiedensten Formationen, die, ohne einen bestimmten Umfang zu haben, sich unregelmäßig durch die Gesteine verbreiten, stellenweis zu hohen mächtigen Gewölben sich ausdehnen, an anderen Orten sich wieder zusammenziehen, durch engere Zwischengänge in neue Weitungen führen, und selbst auf große Strecken, bis auf 1/4 Meile hin, unterirdisch fortlaufen. Ihre Zugänge liegen an den Abhängen der Thäler, welche die Formationen durchschneiden, und mögen erst sehr spät, lange nach Entstehung der sie umschließenden Schicht, bei Ausweitungen der Thaleinschnitte entstanden sein. Denn die Höhlen überhaupt sind keine ursprünglichen Gebilde, sondern durch lokale Verhältnisse bedingt; namentlich sind die in Kalksteinen wohl spätere Auswaschungen, welche von kohlensauren Wassern herrühren, und durch eben diese in die Thäler, wohin sie gegenwärtig münden, geöffnet wurden. Einige im plutonischen Gestein mögen auch gleichzeitigen Kräften, z. B. der Expansion eingeschlossener Gase, ihr Dasein verdanken. In diese Höhlen drangen die strömenden Gewässer, als sie in den Thälern nach allgemeinen Ueberfluthungen wieder abflossen, mit ihren mechanischen Beimengungen ein, und erfüllten dieselben, soweit es der Druck des höher stehenden Wassers und der Gegendruck der eingeschlossenen Luftschicht erlaubte; beide Kräfte bewirkten alsbald eine gegenseitige Ruhe, die im Wasser sogleich den Absatz der mechanischen Beimengungen zur Folge hatte. Es lagerten sich auf dem Boden der Höhle die Kalk-, Lehm- oder Sandmassen ab, welche das Wasser mit sich führte, und eben dahin senkten sich die Gebeine der Thiere, welche mit diesen Geröllen fortgeführt wurden. Als später das Wasser vor dem Eingange fiel, floß auch das in der Höhle befindliche wieder ab, wenn es die Lage der Mündung erlaubte, oder verdunstete nach und nach, wenn es anfangs in beträchtlichen Quantitäten zurückbleiben mochte. Solche Einfluthungen können sich dann in verschiedenen Zeiträumen wiederholt haben, und den Boden der Höhle mit sehr verschiedenen Formationen bedecken. Allein die Höhlen können auch vor ihrer Erfüllung eine lange Zeit ungestörter Schlupfwinkel der verschiedensten Geschöpfe gewesen sein; hier können, wie noch jetzt in solchen natürlichen oder künstlichen Räumen, Fledermäuse, Eulen, andere Nachtvögel und Raubthiere der verschiedensten Art bei einander gewohnt haben, und erst verschüttet oder erstickt worden sein, als die Wasser, durch den Conflikt der Elemente in Bewegung gesetzt, sie erfüllten. Dies letztere Verhältniß ist von einigen Höhlen, die fast nur Knochen einer und derselben Thierart, z. B. von Hyänen oder Bären, in zahlloser Menge enthalten, durchaus das wahrscheinlichere; ja noch mehr, eine ausgemachte Thatsache, seit man am Eingange wie an den Wänden abgeschliffene Stellen entdeckt hat, die diese Thiere durch beständiges Anreiben hervorbrachten, — seit man ange-

nagte zerkaute Knochen von Pflanzenfressern zwischen ihren Gebeinen fand, und ganze aus ihrem Koth gebildete Schichten auf dem Boden unter den späteren Einschwemmungen wahrnahm. Auf der anderen Seite giebt es Höhlen, die bloß Knochen von Pflanzenfressern, z. B. Pferden, Nashörnern, Schafen und Hirschen umschließen, und da diese Thiere nicht gern in Höhlen sich aufhalten, so muß man annehmen, daß sie von den Schrecknissen der Revolution aufgescheucht hier einen Zufluchtsort suchten, oder, was wahrscheinlicher sein mag, ein benachbarter Ort die frühere Heimath dieser Geschöpfe war, und der Wasserstrom sie von dort an ihren jetzigen Fundort versetzte. Für alle diese Fälle giebt es entschiedene Beweise. Knochenhöhlen finden sich übrigens in den verschiedensten Gegenden. Besonders berühmt sind die Muggendorfer und Gailenreuther Höhlen im Dolomit des bairischen Jura; aus letzterer hat man nach und nach die Gebeine von mindestens 1000 Individuen hervorgezogen, von denen 800 dem großen Bären (Ursus spelaeus), 60 einer zweiten Art (U. arctoideus) und 10 einer dritten (U. priscus) angehören [6]), die übrigen 130 aber auf den Wolf, die Hyäne, den Löwen und Vielfraß kommen. Die Höhlen von Sundwig bei Iserlohn hatten ganz ähnliche Bewohner, auch hier ist Ursus spelaeus bei weitem der häufigste Insasse. Dagegen enthält die Höhle von Kirkdale im östlichen Theile der Grafschaft York vorzugsweise Hyänenknochen, nebst anderen angenagten Gebeinen von Pferden, Ochsen, Hirschen, welche von den sie bewohnenden Hyänen hineingeschleppt wurden. Hier war es, wo Buckland seine schönen Untersuchungen über den früheren Haushalt dieser Thiere anstellen konnte, und die Kothschichten neben den abgeschliffenen Felswänden nachwies, welche von den Hyänen herrühren. Eine Höhle mit Pflanzenfressern, deren Vorkommen übrigens zu den Seltenheiten gehört, fand man bei Argou im Departement der Pyrenäen; sie liegt im Liasschiefer und enthielt vorzugsweise Gebeine von Pferden, Ochsen, Hirschen und Nashörnern. Die vielbesuchte Baumannshöhle des Harzes bei Rübeland im Bodethal, wovon wir umstehend eine Abbildung gaben, liefert ebenfalls Knochen, ist aber minder reich als die genannten; dagegen zeichnet sich die Höhle von Chokier im Kohlenkalkstein an der Maas bei Lüttich durch großen Reichthum fossiler Gebeine aus. Andere reiche und merkwürdige Höhlen finden sich in Frankreich, z. B. bei Montpellier im Grobkalk, bei Bize (Dep. de l'Aude) im Jurakalk; in Italien, in Nordamerika und besonders in Südamerika am Velhas, aus denen erst kürzlich Herr Lund einen Formenreichthum fossiler Säugethiere hervorgezogen hat, welcher die gegenwärtige, an sich

6) Diese numerischen Angaben beruhen auf ungefährer Schätzung; denn nach neueren Untersuchungen sind die Schädel von Ursus arctoideus und U. priscus viel seltener. Ersterer scheint nur einer Varietät von U. spelaeus anzugehören, letzterer aber eine selbstständige Art zu sein. —



Längendurchschnitt der Baumannshöhle, mit Sedimentschichten an verschiedenen Stellen und den von der Decke herabhängenden Tropfsteinmassen.

schon höchst bedeutende Mannigfaltigkeit Brasiliens noch übertrifft, und zu fast allen lebenden Gestalten jener Gegend auch die präadamitische Form nachweist. — Minder wichtig sind die Knochenbreccien, Spalten in älteren Gesteinen, die nach oben klaffen, und von dorther mit dem Schutt der Oberfläche, den die Wasser mit sich führten, ausgefüllt wurden. Zwischen demselben lagern die Knochen fossiler Thiere, und machen öfters den hauptsächlichsten Theil der Ausfüllungsmasse aus. Man findet sie besonders an den Küsten des Mittelmeeres, so namentlich am Schloßberge von Nizza, auf Corsika, bei Cagliari in Sardinien, bei Cette und bei Gibraltar, zu San Cino bei Palermo, bei Syracus und an anderen Orten. Selbst in Neuholland hat man bereits eine solche mit präadamitischen Geschöpfen erfüllte Spalte im Innern des Landes am Bellfluß, 35 Meilen von Newcastle, aufgefunden. Auch Deutschland besitzt sie an mehreren Stellen, z. B. eine bei Quedlinburg, die bereits vier Nashornschädel und zahlreiche Knochen von Hyänen, Löwen, Pferden, Hirschen, Hasen und Zieseln geliefert hat. Sie findet sich im Gyps und ist mit Lehm ausgefüllt, der die Knochen umschließt. —

Betrachten wir die an so verschiedenen Fundorten entdeckten Arten, so zeigen sich neben abweichenden und eigenthümlichen Formen, welche mehr den untersten und mittleren Tertiärschichten, die mit den ältesten Braunkohlen, dem Grobkalk und dem Pariser wie Londoner Becken gleichzeitig sind, oder dem Tegelgebilde (S. 241 und 243) angehören, auch viele Gestalten, die sich sehr nahe an gegenwärtige Arten anschließen, ja von mehreren Naturforschern für bloße Varietäten derselben gehalten werden. Im Ganzen vermissen wir keine einzige noch lebende Säugethierfamilie, wohl aber begegnen wir einigen Formen, die nicht sogleich sich in den lebenden Familien unterbringen lassen, deren wirkliche Affinität noch fraglich bleibt. In der Regel sind es jedoch nur unvollständig erhaltene Bruchstücke, welche uns eben des Mangels ihrer charakteristischen Organe wegen im Stich

lassen. Was jene verwandten, den unserigen höchst ähnlichen Arten betrifft, so sind sie meistentheils größer als die noch lebenden, und wenn auch es andere kleinere Spezies damals gegeben hat, so fehlten doch neben diesen die größeren nicht leicht. Der präadamitische Höhlenbär übertraf den Eisbär an Umfang noch beträchtlich, und die Hyäne derselben Zeit verhält sich den Dimensionen nach zur heutigen, wie der Bullenbeißer zum Pudel. Dagegen scheinen die tertiären Elephanten nicht gerade viel größer gewesen zu sein, als die jetzigen; während die Nashörner und Nilpferde der Vorwelt in ihren verschiedenen Arten theils größer, theils kleiner waren, als die gegenwärtigen. Eben diese Thiere besaßen damals ein längeres, dichteres, sogar zottiges Haarkleid, wie solches unter den lebenden Pachydermen nur die Schweine noch führen. Man hat daraus auf ein rauheres Klima schließen wollen, dem jene Geschöpfe in ihrer Heimath ausgesetzt waren, und hat angenommen, daß in der jüngsten tertiären Epoche, als Elephanten unsere Fluren bewohnten, auch die heutigen Zonenunterschiede schon vollständig vorhanden waren; allein aus dem dichteren Haarkleide läßt sich das nicht folgern, weil auch jetzt noch sehr dicht behaarte Geschöpfe, wie die Faulthiere, in der Tropenzone leben, und die nordischen Raubthiere eben nicht stärker behaart sind, als die tropischen. Es kann daher, trotz des dichteren Haarkleides der Pachydermen, das Klima von Deutschland in jener Zeit sehr wohl wärmer gewesen sein, als jetzt; ja es scheint, wenn man die Vegetation und die gesammte Thierwelt in Betracht zieht, etwa den Charakter seiner Schwankungen besessen zu haben, welcher gegenwärtig am Südrande des Mittelmeeres angetroffen wird. Denn hier leben noch heute an Orten, wo der Mensch seinen ändernden Einfluß hat minder geltend machen können, alle die organischen Formen neben einander, welche damals auch auf dem Boden des mittleren Europa ansässig waren. Zugleich lehren die viel größeren Hyänen, Bären, Löwen ꝛc. ein auffallendes Uebergewicht der Raubthiere in jener Epoche, und geben uns zu der Vermuthung Gelegenheit, daß zur Befriedigung der Bedürfnisse so großer und zahlreicher Fleischfresser auch eine um so beträchtlichere Menge großer Pflanzenfresser vorhanden gewesen sein müsse. Dies ist wenigstens für die Hirschgattung entschieden; allein weder die Pferde, noch die Wiederkäuer, waren damals riesenmäßiger gebaut, als jetzt; so daß es den Anschein gewinnt, als ob lediglich die größere Menge der pflanzenfressenden Individuen zur Befriedigung der Bedürfnisse jener Raubthiere genügte.

Walfische oder zweiflossige Säugethiere überhaupt, mit denen wir die systematische Reihenfolge der Klasse beginnen, sind in marinen Schichten mehrmals beobachtet worden, gehören indeß, eine sonderbare Form abgerechnet, zu den Seltenheiten. So weit man sie kennt, weichen sie von lebenden Gestalten im Gesammtbau nicht wesentlich ab, bieten aber in Einzelheiten Unterschiede dar, die theils generelle sind, theils einen höheren Rang beanspruchen. Reste von Bartenwalen (Balaenodea) kennt man nur

aus dem Diluvium, Zahnwale (Delphinodea) erscheinen schon in untertertiären Schichten. Zu ihnen gehören, als mehr eigenthümliche Formen, die Gattungen Ziphius und Zeuglodon. Erstere besaß die allgemeinen Bildungsverhältnisse des zahnlosen Delphins, und soll nach Blainville nicht einmal von Hyperoodon verschieden sein. Einen Schädel dieses Geschöpfes fand man bei Antwerpen im Bett der Schelde, tief unter dem heutigen Flußboden; andere Zahnwalreste wurden aus Tertiärschichten bei Montpellier hervorgezogen. Mehr Aufmerksamkeit verdient Zeuglodon, ein Geschöpf, das schon so viel Namen wie Fundorte hat (Basilosaurus *Harlan*, Dorudon *Gibbes*, Squalodon *Grateloup*, Hydrarchos *Koch*) und von jedem Beobachter anders gedeutet wurde. Harlan hielt es für einen Saurier, und diese Annahme ist kürzlich von Carus und Reichenbach wiederholt worden; Owen, der ihm den obigen Namen gab, erkannte in seinen Zähnen das Säugethier, in seinen Wirbeln den Walfisch, und eben dahin verweisen es die Untersuchungen von J. Müller und mir, welche an den von Koch aufgefundenen Knochenresten, während ihrer Aufstellung in Berlin und Leipzig, gemacht wurden. Es geht daraus hervor, daß Zeuglodon in der Hauptsache den Rumpfbau eines Walfisches besaß, nur etwas schlanker gestaltet war; allein in seinem Schädel vereinigten sich auf eine merkwürdige Weise die Bildungsverhältnisse der Seehunde und der Wale. Vom Hinterhaupt bis zur Stirn war der Kopf wie beim Seehund gebaut, aber die Stirngegend erweiterte sich über den Augen ganz ähnlich wie beim Walfisch, und schied dadurch die Augenhöhle, wenn auch nicht vollständig, doch theilweis, von der großen weiten Schläfengrube. An die erweiterten Stirnbeine schlossen sich ähnlich erweiterte Oberkiefer; indeß hatte die Nasengegend nicht mehr den Charakter der Walfische, sondern den der Phoken. Das Gebiß glich in allen Hauptsachen dem Zahntypus der ächten Seehunde, während die Kiefer, zumal der untere, mehr Aehnlichkeit mit dem der Delphine zeigen. Namentlich waren einzelne große Backzähne des Unterkiefers, wovon, wie vom Eckzahn, wir eine Abbildung geben (Fig. 1 und 2), die gewöhnlichsten Funde und die Urheber der meisten Anspielungen, welche in den mancherlei Namen der Beobachter liegen. Zeuglodon soll auf die enge Commissur zwischen den beiden Keimhöhlen der Backzähne hinweisen, Dorudon die Partisanenform der Zahnkrone ausdrücken, Squalodon auf die Aehnlichkeit mit dem Haifischzahn anspielen. Basilosaurus und Hydrarchos sagen nichts Charakteristisches vom Thier aus, und sind die am wenigsten passenden Benennungen; denn dasselbe ist weder eine Eidechse, noch größer als ein Walfisch, obgleich wohl gefräßiger und furchtbarer für


1


2

seine Umgebungen gewesen. Mit letzterem hatte es zwar vieles im Ansehen gemein, aber der schlankere Körper und der viel kleinere Kopf mögen ihm, in Verbindung mit den kleineren Flossen (ob zwei oder vier, bleibt ungewiß), eine etwas drachenförmige Physiognomie gegeben haben. Schwerlich aber ist im Zeuglodon die fabelhafte Seeschlange zu suchen, wie die Zeitungsschreiber während der Ausstellung des Knochengerüstes so oft behauptet haben; das Geschöpf war kein mythisches Ungeheuer, wie jene Drachen und Seeschlangen, sondern ein wirklich vorhandenes, wenn auch vor Jahrtausenden bereits ausgestorbenes Thier. Seine Gebeine finden sich nämlich in marinen Schichten, welche der unteren Tertiärepoche anzugehören scheinen, und sind bisher häufig an verschiedenen Orten der südlichen Vereinigten Staaten Nordamerikas, allein auch mehrmals im Gebiet des Mittelmeeres gefunden worden. Wahrscheinlich bewohnte das Thier die subtropische Region des ganzen nördlichen Oceans. Etwas jünger als diese sonderbare Gestalt sind die Sirenen, walfischartige Geschöpfe mit ungetheilter Schwanzflosse, vorderen Nasenlöchern, stumpfhöckerigen Mahlzähnen und Milchdrüsen an der Brust. Gegenwärtig durch zwei lebende (Manatus und Halicore) und eine in historischer Zeit ausgestorbene Gattung (Rhytine) vertreten, scheinen sie in der tertiären Epoche eine größere Zahl verschiedener Formen besessen zu haben, von denen einige den heutigen Gattungen Manatus und Halicore entsprechen, die untergegangene Gattung Dinotherium aber höchst eigenthümliche Merkmale besaß, und deshalb zu sehr abweichenden Ansichten über ihre natürliche Verwandtschaft Veranlassung gegeben hat. Manatus- und Halicore-Reste fand man bei Montpellier, Lüttich, am Rhein und in Nordamerika; Dinotherium zuerst in

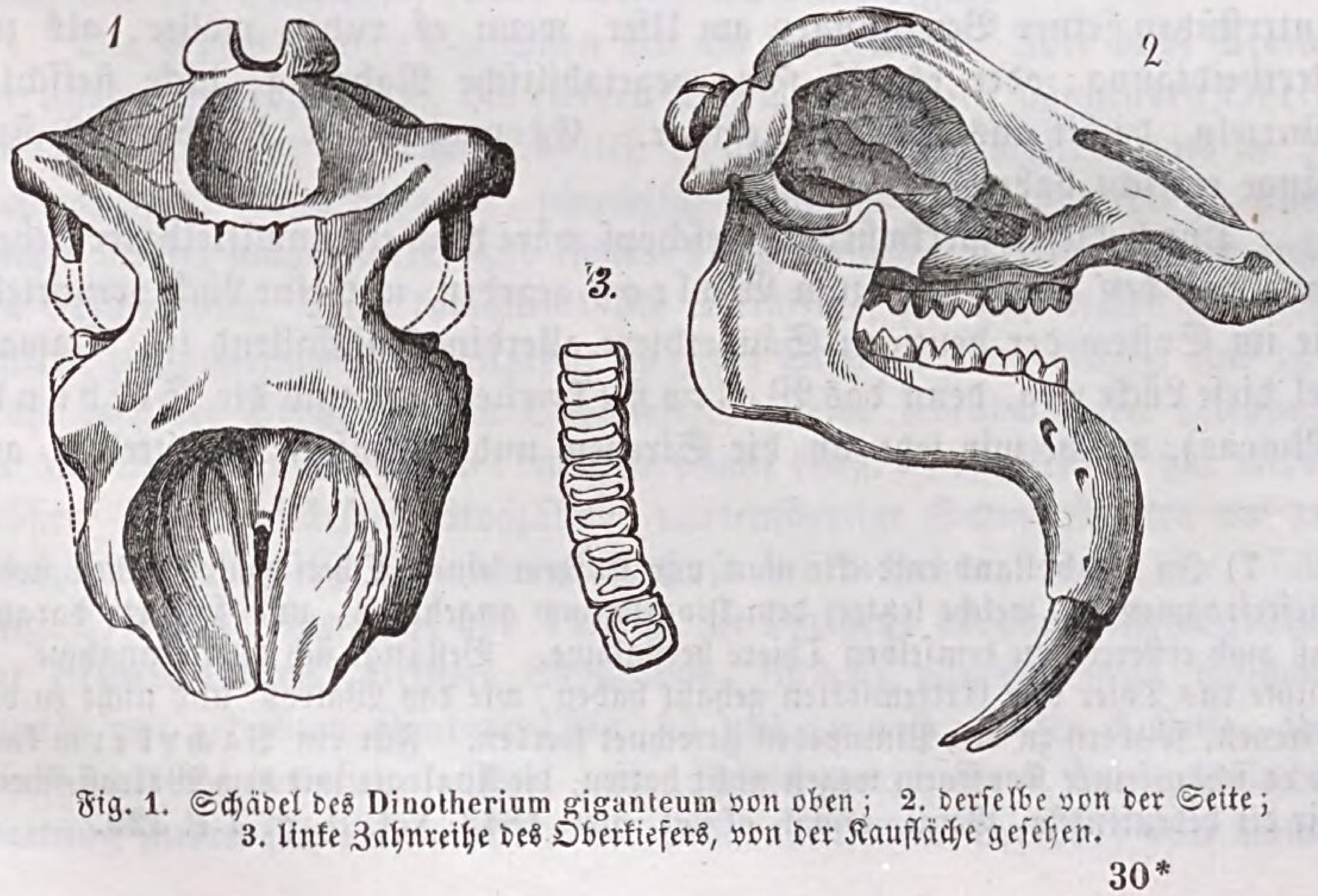


Fig. 1. Schädel des Dinotherium giganteum von oben; 2. derselbe von der Seite; 3. linke Zahnreihe des Oberkiefers, von der Kaufläche gesehen.

den miocenen Schichten des Rheinthales bei Eppelsheim unweit Mainz, später an mehreren Orten, selbst in Ostindien und in Neuholland. Die Meinungsverschiedenheiten über ein so paradoxes Thier können weniger auffallen, wenn man bedenkt, daß selbst Cuvier die ihm bekannten Bruchstücke einer zweiten ausgestorbenen Sirenen-Gattung: Metaxytherium, für Theile vom Flußpferd hielt, und darin aufs deutlichste die große Uebereinstimmung des Körperbaues der Sirenen mit dem der Pachydermen aussprach. Nach zwei fast vollständigen Schädeln, den einzigen Theilen des Dinotherium, welche man genauer kennt, besitzt das Thier jeder Seits oben wie unten fünf Backzähne mit zwei oder drei (der mittelste) kerbigen Querwülsten (Fig. 3), und gleicht darin ganz dem Manati. Im Oberkiefer fehlen alle anderen Zähne, aber der Unterkiefer ist an seiner herabgebogenen Spitze mit zwei senkrechten starken Hakenzähnen (Fig. 2) bewehrt, die ohne Frage unter der Lippe aus dem Maule hervorragten. Dabei deutet die vordere breite und gewölbte, von einem hohen Rande eingefaßte Nasengegend (Fig. 1) auf eine sehr stark entwickelte fleischige Nase, etwa wie bei Halicore und dem Walroß, vielleicht selbst auf einen Rüssel hin. Endlich läßt die Form und Lage des Hinterhauptsloches, nebst der abschüssigen, nach vorn sogar scharfkantigen Fläche des Hinterhauptes, keinen Zweifel, daß der Kopf mit dem Rücken in gleicher Ebene lag, und wagrecht, wie bei Sirenen und Walfischen, getragen wurde. Demnach möchte ich dem Thier einen kurzen dicken Hals, einen kräftigen spindelförmigen Rumpf, nebst breiten, selbst zum Kriechen, wie beim Walroß, tauglichen Flossenfüßen zuschreiben, und dasselbe für ein pflanzenfressendes Seeungeheuer erklären, welches nach Art der Sirenen gern in die großen Flußmündungen sich begab, und selbst bis in die höheren Theile der Flüsse hinaufstieg. Seiner vorderen Hakenzähne bediente es sich, gleich dem Walrosse, wohl mehr zum Unterstützen seiner Bewegungen am Ufer, wenn es ruhen wollte, als zur Vertheidigung; oder es riß seine vegetabilische Nahrung, dicke fleischige Wurzeln, damit aus der Tiefe empor. Es mag gegen 15 bis 20 Fuß Länge erreicht haben[7]).

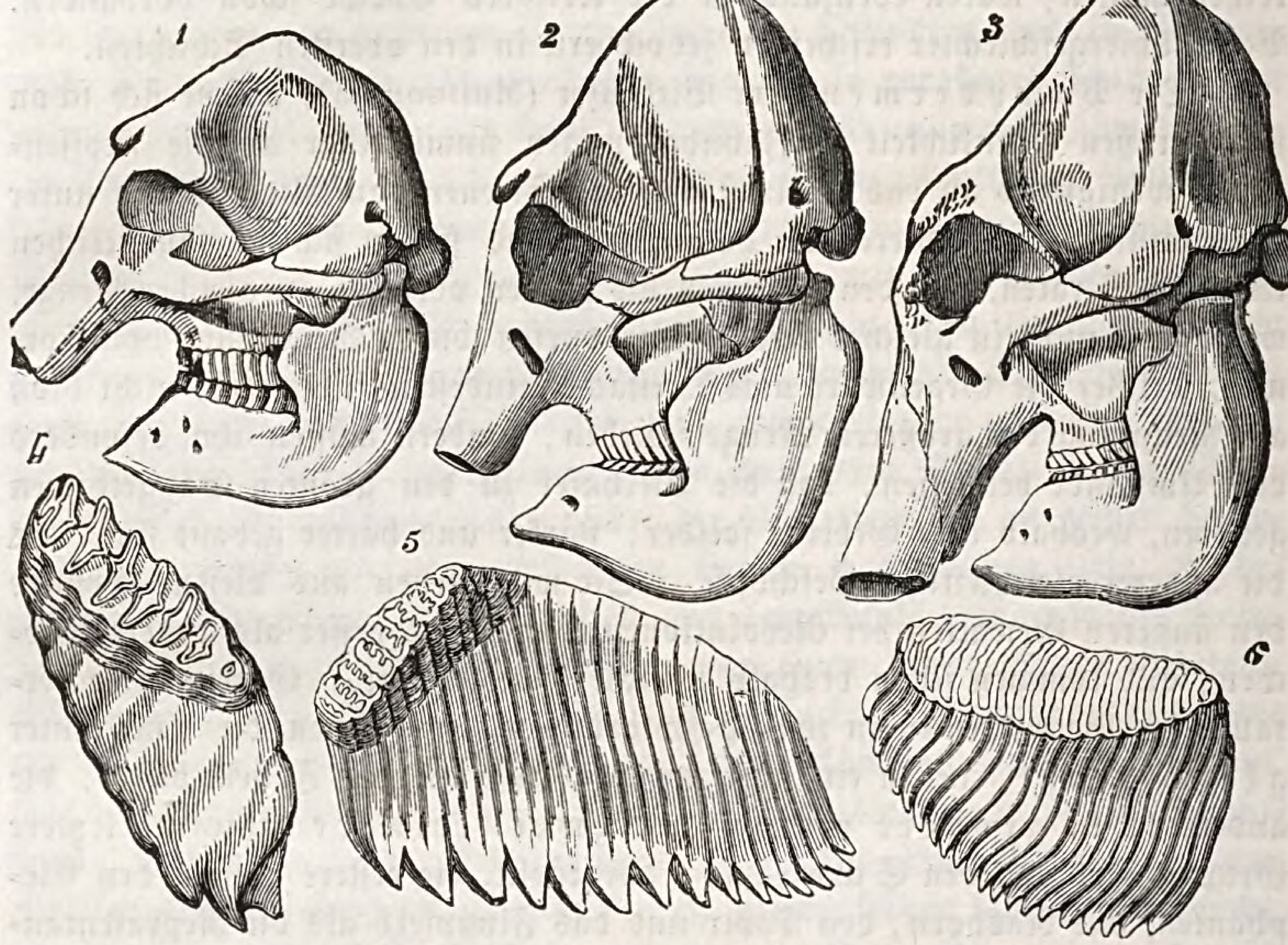
Durch dieses merkwürdige Geschöpf wäre denn ein unmittelbarer Uebergang von den Sirenen zum Walroß gegeben, und eine Lücke vermittelt, die im System der heutigen Säugethiere allerdings auffallend ist. Damals fiel diese Lücke weg, denn das Walroß (Trichechus) und die Seehunde (Phocae), welche wir jetzt an die Sirenen und Walfische unmittelbar an-

7) In Neuholland entdeckte man vor Kurzem einen Oberschenkelknochen neben Kieferfragmenten, welche letztere dem Dinotherium angehören, und folgerte daraus, daß auch ersterer von demselben Thiere herstamme. Bestätigt sich diese Annahme, so müßte das Thier vier Extremitäten gehabt haben, wie das Walroß, und nicht zu den Sirenen, sondern zu den Pinnipeden gerechnet werden. Für ein Pachyderm kann ich es schon seiner Kopfform wegen nicht halten, die Analogie mit dem Walroß scheint mir die bedeutendste. Vergl. Annal. of nat. hist. 1843. Vol. II. p. 7 et 329.

reihen müssen, waren ebenfalls in der tertiären Epoche schon vorhanden. Beide Thiergeschlechter erscheinen jedoch erst in den obersten Schichten.

Die Pachydermen oder Vielhufer (Multungula), welche sich schon ihrer großen Aehnlichkeit im Zahnbau wegen unmittelbar an die Flossenfüßer, wenigstens an das Walroß und die Sirenen, anschließen, sind unter allen fossilen Säugethieren die häufigsten, und finden sich in sämmtlichen tertiären Straten, von den untersten bis zu den obersten, in gleicher Menge, wenn auch nicht in gleicher Art. Wir dürfen diesen Reichthum von Formen, welcher die Gegenwart ums Dreifache mindestens übertrifft, nicht bloß auf Rechnung der größeren Menge schieben, sondern müssen ihn besonders dem Umstande beimessen, daß die Vielhufer zu den größten Säugethieren gehören, weshalb ihre Gebeine solider, stärker und härter gebaut sind, als die anderer gleichzeitiger Geschöpfe. Sie widerstehen aus diesem Grunde den äußeren Gewalten bei Revolutionen länger und besser als andere Knochen, und kommen schon deshalb überall häufiger vor. Gegenwärtig zerfallen die Pachydermen in zwei Hauptgruppen, von denen die eine lauter gleich große, neben einander stehende Hufe an den Füßen besitzt, die andere zwei größere vordere, und zwei kleinere dahinter; letztere Gruppe wird von den Schweinen dargestellt, die erstere umfaßt den Elephanten, das Nashorn, den Tapir und das Flußpferd als die Repräsentanten eben so vieler eigenthümlicher Formen. Alle diese Unterabtheilungen hat die tertiäre Epoche ebenfalls, allein während die gegenwärtige immer nur eine Gattung in jeder besitzt, finden sich in der präadamitischen Zeit zwei oder noch mehr unter sich verschiedene Gattungen, die zwar den äußeren Typus der lebenden Formen beibehalten, aber sehr wesentlich, besonders im Zahnbau, von einander abweichen. Diese Beziehungen wollen wir, durch näheres Eingehen, etwas ausführlicher verfolgen.

Die Elephanten zeichnen sich am meisten aus. Ihre hohe Statur, der ungemein große Kopf, die kleinen Augen, die langen hängenden Ohren, die fast nackte, nur auf dem Scheitel, in der Mitte des Rückens und an der Schwanzspitze etwas behaarte, schwielige Haut, vor allen aber die zu einem langen Rüssel umgebildete Nase liefern die wichtigsten Merkmale ihrer äußeren Erscheinung. Dazu kommen 1 bis 2 kräftige, aus zahlreichen Schmelzplatten zusammengesetzte Backzähne an jeder Seite in jedem Kiefer, und zwei große mittlere Stoßzähne im Oberkiefer. Beide lebende Arten bewohnen die alte Welt, der afrikanische Elephant (Fig. 1) ist kleiner, hat relativ größere Ohren, stärkere Stoßzähne, rautenförmige Schmelzfiguren auf den Backzähnen (Fig. 4) und überall 4 Hufe bei 5 Zehen; der asiatische (Fig. 2) erreicht eine Höhe von 12 Fuß, ist übrigens proportionirter gebaut, hat kleinere Ohren, kleinere Stoßzähne, schmale parallelseitige Schmelzfiguren mit gekerbten Rändern (Fig. 5) und vorn 5, hinten 4 Hufe, aber ebenfalls 5 Hinterzehen. Zwei ganz ähnlich verschiedene Arten derselben Gattung finden sich nun auch in der präadamitischen Periode, aber immer



Schädel und Zähne der Elephanten.

Fig. 1. Elephas africanus; 2. El. indicus; 3. El. primigenius; 4. unterer rechter Backzahn der afrikanischen Art, mit 7 angekauten und 2 unversehrten, rautenförmigen Schmelzplatten; 5. linker hinterster Oberkieferzahn vom asiatischen Elephanten, mit 26 Schmelzplatten, wovon 9 angekaut sind. Der Zahn, offenbar der letzte, ist noch nicht lange in Gebrauch gewesen; wie am vorigen, zeigt der dunkle Saum neben der Kaufläche den aus dem Zahnfleisch hervorragenden Theil des Zahnes an. 6. Linker hinterster Unterkieferzahn vom urweltlichen Elephanten. Derselbe besteht aus 22 Platten, wovon nur 2 noch nicht angekaut sind; der Zahn ist also schon lange in Gebrauch gewesen [8]).

---

8) Die drei Schädel sind in gleichförmiger Verkleinerung (etwa $^1/_{20}$ der natürlichen Größe) abgebildet, und zeigen die Artunterschiede sehr deutlich. Besonders fallen die großen langen Alveolen für die Stoßzähne beim urweltlichen Elephanten auf und weisen auf eine eben so enorme Entwickelung der Zähne hin. In der That übertreffen sie die größten Zähne der afrikanischen Art um die Hälfte und die der asiatischen um das Doppelte an Länge und Stärke; sie biegen sich auch viel stärker und beschreiben etwa $^2/_3$ eines Kreises, während die afrikanischen Zähne noch nicht die Hälfte und die asiatischen kaum $^1/_3$ einer Kreisperipherie mit ihrem Bogen umspannen. Dagegen sind die Backzähne und der Unterkiefer bei dem urweltlichen Elephanten relativ kleiner, als bei beiden lebenden. Die geringere Größe namentlich der Zähne wird jedoch durch die größere Feinheit der Schmelzplatten und die beträchtlichere Härte des Schmelzes selbst wieder ausgeglichen, so daß der Mammuth mit seinen kleineren Zähnen noch härtere Gegenstände zermalmen konnte. Owen hat aus dieser Eigenschaft des Zahnes einen Schluß auf die Nahrungsmittel gezogen und die Vermuthung ausgesprochen, es möchten Fichtennadeln und junge Triebe holziger Gewächse die Nahrungsmittel des Mammuth gewesen sein; woraus in Verbindung mit seinem dichten Pelze folgen würde, daß der Mammuth für ein kälteres Klima bestimmt gewesen sei, als die lebenden Elephanten.

nur in den Diluvialschichten über der jüngsten pliocenen Abtheilung. Die der afrikanischen Art entsprechende Form ist selten (E. priscus) und bis jetzt bloß in einzelnen Backzähnen sicher bekannt; die Art, welche dem asiatischen Elephanten nahe kommt (E. primigenius, Fig. 3), findet sich in zahlreichen Ueberbleibseln nicht bloß in ganz Europa und Asien, sondern selbst in Nord-Amerika und Neuholland. Sie ist wegen dieser weiten Verbreitung allgemein unter dem Namen Mammuth bekannt, und unterscheidet sich bei ziemlich gleicher Größe durch die viel längeren stärker gekrümmten Stoßzähne, die schmäleren zahlreicheren Lamellen in den Backzähnen (Fig. 6) und ein allgemeines langes dichtes Haarkleid, welches mit dem der wilden Schweine die meiste Aehnlichkeit besessen zu haben scheint, allein doppelt war, unter 9 bis 10 Zoll langen Borstenhaaren eine weichere 4 bis 6 Zoll lange Wolle verbarg. Wir verdanken diese Kenntniß einzelnen, im gefrornen Boden (S. 248) Sibiriens uns erhaltenen Individuen, und besonders dem 1799 am Ausfluß der Lena entdeckten, das leider erst 7 Jahre hernach von europäischen Reisenden aufgefunden wurde, als der größte Theil seiner anfangs noch unversehrten Fleischmasse schon zerstört war. In solchem Zustande schaffte man diese seltene Reliquie nach Petersburg, und stellte



Mastodon giganteus.

ihr Skelet, zum Theil noch von der alten Haut bekleidet, im kaiserlichen Naturalienkabinet daselbst auf [9]). Neben der ächten Elephantengattung

9) Die Petersburger Zeitungen vom 28. April 1843 berichteten den Fund eines

gab es nun eine zweite in der Vorwelt, welche durch einen relativ etwas längeren Rumpf, besonders durch niedrigere Gliedmaßen, den übrigen lebenden Pachydermen im äußeren Ansehen ähnlicher war, und dabei anders gebaute, mit warzigen Querhöckern, die bloß Schmelz überkleidete, auf der Kaufläche versehene Backzähne besaß (daher Zitzenzahn, Mastodon, genannt). Eckzähne fehlten ihr ebenfalls, aber Stoßzähne waren in beiden Kiefern und nicht bloß im Oberkiefer vorhanden, erlangten indeß unten nie eine beträchtliche Größe, sondern fielen entweder mit zunehmendem Alter ganz aus, oder blieben sehr klein [10]). Von diesen nach ihrem Hauptfundort Ohiothiere genannten Bestien, welche die lebenden Elephanten im Ganzen an Größe etwas übertrafen, unterscheidet man sicher ebenfalls zwei Arten, eine europäische mit langer Zuspitzung am Vorderende des Unterkiefers (M. longirostris) und eine nordamerikanische mit stumpfem Unterkiefer (M. giganteus). Beide erreichten ziemlich gleiche Größe; die amerikanische Art gehört dem Diluvium an und findet sich dort eben so häufig, wie Mammuthknochen in Europa, allein wie letztere auf der westlichen, so trifft man auch Mastodonknochen auf der östlichen Halbkugel. Das M. longirostris ist ausschließlich europäisch, aber älter als die amerikanische Art, denn seine Gebeine sind nur in obertertiären Schichten der Auvergne, bei Eppelsheim und in England gefunden. Ob eine dritte Art (M. angustidens), welche sowohl in tertiären als auch in Diluvial-Gebilden, und zwar auf beiden Erdhälften, angetroffen wurde, wirklich vom M. longirostris verschieden ist, scheint mir noch zweifelhaft. Elephant und Mastodon haben also vormals auf beiden Halbkugeln gelebt, aber Elephas war im Osten, Mastodon im Westen die häufigere Thierform. Jene erzeugte sich nach der Sündfluth, um mich dieses Ausdrucks für die letzte große Katastrophe zu bedienen, in der alten Welt wieder, diese ging auf beiden Halbkugeln ganz unter [11]).

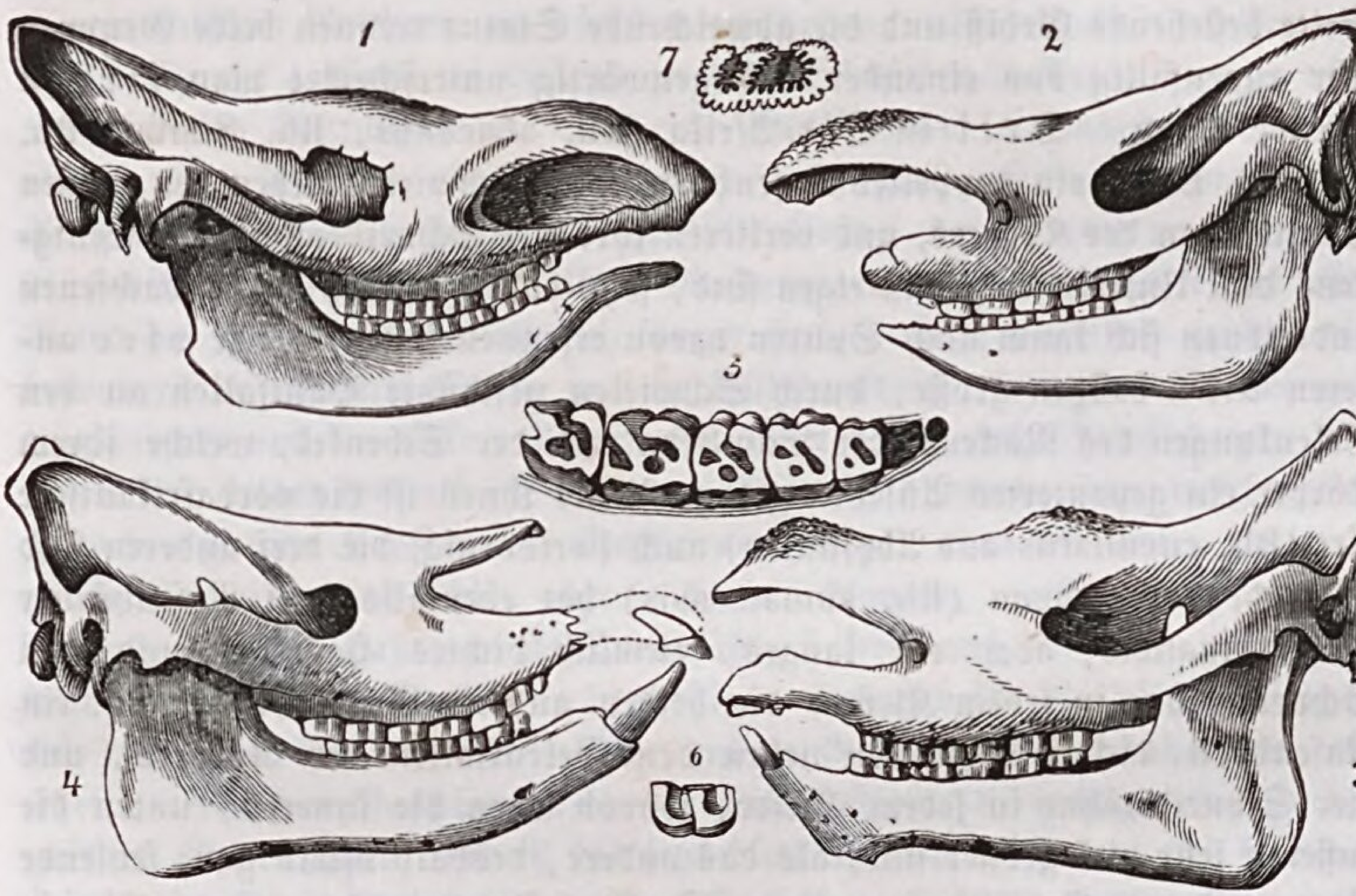
---

zweiten Exemplars am Ufer des Tas, dessen Cadaver sich bereits in Tobolsk befand und nach Moskau geschafft werden sollte. Seitdem hat man mehrere anatomische Details über den Bau seiner weichen Theile erfahren, allein im Ganzen noch keine ausführliche Schilderung desselben erhalten. Bullet. d. l. soc. d. Nat. de Moscou. 1846. Nr. I. 108 seq.

10) Individuen mit vier Stoßzähnen bilden die Gattung Tetracaulodon, welche also von Mastodon nicht verschieden ist, sondern auf junge Thiere gegründet wurde.

11) Die mitgetheilte Abbildung des Mastodon giganteus ist eine Copie von Owen's trefflicher Figur in dessen History of british fossil Mammalia (Lond. 1846. 8.), und stellt das von Koch als Missurium gezeigte, durch mehrere Zusätze verunstaltete Exemplar vor, wie es jetzt im brittischen Museum naturgemäß aufgestellt ist. Mitten am Kopf sieht man die Nasenlöcher, a und b sind die großen Stoßzähne des Oberkiefers, e Schulterblatt, i Becken, f Oberschenkel, p Kniescheibe, t Schienbein, fi Wadenbein, h Oberarm, r Speiche, u Elle, c Fußwurzelbein und darunter die 5 Zehen. Mastodon hat, wie der Elephant, 7 Halswirbel, 20 Rückenwirbel, 3 Lendenwirbel und übrigens ganz dessen Zahlenverhältnisse. Die Backzähne, wovon der oberste hinterste unter dem Schädel im größeren Maßstabe sich zeigt, haben eben so

Die Nashörner (Rhinoceros) schließen sich wohl zunächst an die Elephanten, haben wie jene eine fast nackte schwielige Haut, kleine Augen,



Fossile Rhinoceros-Schädel.

Fig. 1. Rhinoceros tichorrhinus; 2. Rh. leptorrhinus; 3. Rh. Schleiermacheri s. megarhinus; 4. Aceratherium incisivum; 5. linke obere Backzahnreihe von Rh. tichorrhinus, die beiden ersten Zähne fehlen, die folgenden sind um so weniger abgekaut, je mehr sie nach hinten stehen; 6. ein mittlerer Unterkieferzahn derselben Seite; 7. vierter linker Unterkieferzahn von Elasmotherium. — Zur besseren Beurtheilung der Schädelfiguren diene die Bemerkung, daß die beiden unteren Schädel etwas weniger verkleinert sind, als die beiden oberen; jene daher kleiner erscheinen als diese, obgleich sie in der Wirklichkeit sich umgekehrt verhalten. Rh. tichorrhinus ist etwas größer als Rh. Schleiermacheri. Rh. leptorrhinus stand beiden ein wenig nach und Ac. incisivum war von den vier Arten die kleinste.

viele Wurzeln, wie Kronenhöcker, und vermehren deren Zahl mit zunehmendem Alter; der letzte obere besitzt 4 Paar Höcker und ein sehr kleines Paar am Ende, der letzte des Unterkiefers hat 5 Höckerpaare und ein sechstes Rudiment; die 3 vorhergehenden Zähne, welche aber nie alle zugleich vorhanden sind, sondern höchstens 2 neben dem letzten, haben je 3 Höckerpaare, und die 2 ersten, wovon das junge Thier vielleicht schon einen an jeder Seite mit auf die Welt brachte, zeigen nur 2 Höckerpaare. Indem nun nach und nach die vorderen Zähne ausfallen, während die hinteren mit zunehmendem Alter des Thieres hervorbrechen, bekommt jedes Mastodon während seines ganzen Lebens 6, vielleicht 7 Zähne an jeder Seite, hat aber nie mehr als 3 gleichzeitig und gewöhnlich nur 2. Eben denselben Zahnwechsel zeigt auch der Elephant, doch steigt die Gesammtzahl seiner Zähne auf 8 oder gar 9 an jeder Seite, wovon ihm im höheren Alter nur ein Backzahn an jeder Seite zu bleiben pflegt. Beim asiatischen Elephanten zeigt der erste Backzahn, welcher schon bald nach der Geburt ausfällt, 4 Schmelzquerplatten, der folgende 8, und so steigt es bis auf 25, welches die gewöhnliche Plattenzahl des hintersten Backzahnes zu sein pflegt. Der afrikanische Elephant hat im Alter nur 9 bis 10 Schmelzrauten auf der Kaufläche, und in der Jugend, wie das Mastodon, 2 oder höchstens 3; seine nachfolgenden Zähne haben 5 Rauten und die späteren je 1 oder 2 Rauten mehr. —

ziemlich große, aber aufrecht stehende löffelförmige Ohren und 3 Zehen an allen Füßen; allein die einfache oder doppelte Hornbildung auf der Nase, das ganz verschiedene, aus 7 ziemlich quadratischen Backzähnen an jeder Seite bestehende Gebiß und die abweichende Statur trennen beide Gruppen sehr augenfällig von einander. Gegenwärtig unterscheidet man sieben lebende Arten. Drei in Süd-Afrika (Rh. africanus, Rh. Simus, Rh. Keitloa), haben ein doppeltes Nasenhorn, keine Schwielen neben den großen Gelenkfalten des Körpers, und verlieren ihre vier Schneidezähne, die wenigstens dem Unterkiefer gewiß eigen sind, sehr bald, so daß an erwachsenen Individuen sich kaum noch Spuren davon erkennen lassen. Die vier anderen Arten besitzen große, durch Schwielen geschützte Hautfalten an den Gelenkungen des Nackens, der Schultern und der Schenkel, welche ihrem Körper ein gepanzertes Ansehen geben. Unter ihnen ist die nordafrikanische Art (Rh. cucullatus aus Abyssinien) auch zweihörnig, die drei anderen sind asiatische; eine davon (Rh. sumatrensis) hat ebenfalls zwei Nasenhörner hinter einander, aber ein langes, ziemlich dichtes Haarkleid und zwei Schneidezähne in jedem Kiefer; die beiden anderen Arten besitzen nur ein Nasenhorn, dickere Schwielen neben den Gelenkfalten des Körpers, und vier Schneidezähne in jedem Kiefer, wovon oben die inneren, unten die äußeren sehr viel größer sind, als das andere, deshalb öfters ganz fehlende Paar. Java's Art (Rh. javanicus) ist etwas kleiner und mit nabelförmig vertieften Warzen bedeckt, die Art aus Vorderindien (Rh. indicus) wird 10 Fuß lang und 5 bis 6 hoch, hat keine regelmäßigen Warzen, aber von allen die stärksten Gelenkschwielen und die dickste Haut. — Die präadamitischen Arten dieser Gattung sind nicht minder zahlreich, allein noch nicht so sicher unterschieden. Am häufigsten finden sich in den Diluvialschichten Reste einer dem gemeinen südafrikanischen Rhinoceros ähnlichen Species mit zwei Hörnern und dicker knöcherner Nasenscheidewand, welche man deshalb Rh. tichorrhinus genannt hat (Fig. 1). Ihre Knochen sind durch das mittlere Europa wie nördliche Asien verbreitet, und hier war es auch, wo man mehrmals ganze, von Haaren dicht bekleidete Individuen senkrecht stehend im gefrornen Boden an den Ufern der Willuji auffand[12]). Gleich-

12) Der Akademiker Brandt in St. Petersburg hat durch Vergleichung älterer Nachrichten und neuerer Beobachtungen ermittelt, daß alle wohl erhaltenen Individuen vom Mammuth wie vom Rhinoceros senkrecht im gefrorenen Boden stehend gefunden wurden. Durch genaue Untersuchung ihrer anhängenden Fleischtheile konnte er sich überzeugen, daß diese Thiere sehr schnell oder plötzlich umkamen, also wahrscheinlich erstickten, als sie in den damals sumpfigen Morast jener Gegenden und Zeiten versanken. Eben derselbe Beobachter fand in den Vertiefungen der Backzähne eines Rhinoceros Reste seiner Nahrungsmittel, deren sorgfältige Untersuchung Fichtenholzgewebe und eine Polygoneen-Frucht erkennen ließ. Dadurch würde die früher erwähnte Ansicht von Owen, daß jene Thiere für ein kälteres Klima bestimmt waren, als ihre heutigen Repräsentanten, eine neue thatsächliche Stütze erhalten. Vergl. Froriep's neue Notizen rc. B. 40. S. 9.

zeitig mit diesem Nashorn lebte eine andere Art (Rh. leptorrhinus, Fig. 2) mit schmaler Schnautze und knorpeliger Scheidewand, deren Reste seltener im südlichen Europa und in England gefunden wurden. Sie scheint mir dem Sumatraischen Nashorn am nächsten zu stehen. Die Nashörner der tertiären Epoche gehören mindestens zweien verschiedenen Arten, wenn nicht verschiedenen Gattungen an. Die eine Art (Rh. Schleiermacheri s. megarhinus, Fig. 3) hatte oben vier, unten zwei große Schneidezähne, deren Trageknochen im Oberkiefer (der Zwischenkiefer) eben so weit vorragt, wie die breiten abgerundeten gewölbten Nasenbeine, während letztere bei allen Arten der Gegenwart beträchtlich länger sind. Reste desselben fanden sich besonders im Mainzer Becken und in Südfrankreich, kommen aber bei weitem seltener vor. — Die andere tertiäre Art hatte wahrscheinlich gar kein Horn und bildet deshalb die besondere Gattung Aceratherium, welche übrigens den ganzen Kopfbau der Nashörner besitzt, oben wie unten zwei sehr große Schneidezähne führt, aber so flache, schmale, nach vorn zugespitzte Nasenbeine zeigt, daß man sie für unfähig halten muß, ein Horn zu tragen; dazu waren die Vorderfüße vierzehig. Durch beide Verhältnisse nähert sich das Thier den Tapiren. Eine andere Gattung: Elasmotherium, erscheint neben den Nashörnern in der Diluvialperiode, gehört aber zu den größten Seltenheiten, und ist bis jetzt bloß im Unterkiefer und der hinteren Hälfte des Schädels bekannt. Ihre Backzähne (Fig. 7) sind an dem zickzackfaltigen Schmelzsaum leicht zu erkennen; dergleichen waren vier vorhanden und ein fünfter scheint noch kommen zu wollen; aber Schneidezähne fehlten ganz.

Der Uebergang von den Nashörnern zum Tapir wird durch die Gattung Palaeotherium vermittelt[13]). Sie, die ächten fossilen Tapire und die Gattung Lophiodon scheinen eine natürliche Gruppe auszumachen, welche ziemlich selbstständig bleibt, jedoch habituell zwischen die Schweine und Nashörner in die Mitte tritt. Gegenwärtig bloß durch die einzige Gattung Tapirus vertreten, zeichnet sich dieselbe in vielen Punkten eigenthümlich aus. Ein mit kurzen anliegenden Haaren dicht bekleideter Körper, eine rüsselförmige mäßig lange Nase, vorn vier, hinten drei Zehen, und ein Gebiß, welches durch sechs Schneidezähne in jedem Kiefer, bleibende kurze Eckzähne und sieben aus je zwei scharfen unverbundenen Querhöckern bestehende Backzähne kenntlich ist, gehören zu den wichtigsten Gattungs-Eigenschaften. Von den drei bekannten lebenden Arten finden sich zwei in Südamerika, die dritte in Hinterindien; die vorweltlichen wohnten theils ebenda, theils auch in Europa. Hier sind aus der tertiären Epoche bereits drei Arten unterschieden worden, allein die geringen Bruchstücke machen ihre

---

13) Die kleinen, nur lebend vorhandenen Klippdachse (Hyrax) scheinen diesen Uebergang in der Gegenwart darzustellen, und gewissen ausgestorbenen Gattungen als analoge Form zu entsprechen.

Vergleichung mit den lebenden schwierig. Besser kennt man die anderen beiden Gattungen Lophiodon und Palaeotherium. Erstere war im Gebiß dem Tapir durchaus ähnlich, hatte aber am hintersten unteren Backzahn drei Querhöcker. Ihre Arten sind mitteltertiär. Die Gattung Palaeotherium zeigt im Gebiß große Annäherung an Rhinoceros, aber die Kopfbildung und die ganze Gestalt schließt sie mehr an den Tapir; nur der Fußbau war anders, denn vorn wie hinten standen drei ungleiche Zehen, eine große in der Mitte, zwei etwas kleinere daneben, und bisweilen findet sich noch eine rudimentäre vierte, viel kleinere, äußere. Cuvier unterschied bereits zehn Arten dieser Gattung, die meisten aus den Gypsbrüchen am Montmartre, und neuere Beobachter haben noch einige hinzugefügt; ihre Größe schwankt zwischen der des Pferdes und des Hasen. Außerhalb Europa scheinen Paläotherien nicht vorzukommen; wenigstens kennt man Spuren derselben von anderen Fundorten noch nicht; sie verbreiteten sich besonders über die westlichen Gegenden des alten Continents und überschreiten aufwärts kaum noch die mittleren Tertiärschichten; ihre Hauptfundstätten sind die untertertiären Gebilde Frankreichs.

Isolirt steht unter den Pachydermen das Nilpferd (Hippopotamus) da, eine plumpe kolossale Gestalt, durch die breite Schnautze, die vier sperrig gestellten Schneidezähne in jedem Kiefer, die großen Eckzähne, die auffallend kleinen Augen wie Ohren, und die vier gleich großen Hufe an allen Füßen sich besonders auszeichnend. Seine Haut ist fast haarlos, aber glatt. Die einzige lebende Art bewohnt die sumpfigen Flußgebiete der größeren Ströme Afrikas und erinnert durch ihren plumpen Rumpf eben so sehr an das Nashorn, wie durch das Kopfgerüst an die breitschnautzigen afrikanischen Schweine (Phacochoerus). Auch der Zahntypus ist schweineartig. Die tertiäre Epoche besaß aus dieser Gattung mehrere gut unterscheidbare Arten, von denen eine (H. major) in Europa ziemlich häufig ist und der lebenden sehr gleicht, während die asiatischen Flußpferde derselben Zeiten sechs Schneidezähne hatten, bisher aber nur in Vorder-Indien am Fuße des Himalaya gefunden wurden.

Die Gruppe der Schweine, durch größere hakige Eckzähne, die aus dem Maule hervorragen, vielhöckerige Backzähne von verschiedener Zahl, eine stumpfe Nase mit aufgeworfenem Rande, ungleiche Zehen an den Füßen und ein dichtes Haarkleid ausgezeichnet, zerfällt gegenwärtig in vier Gattungen nach den vier Haupterdtheilen. Der ganzen östlichen Halbkugel gehören die ächten Schweine (Sus) mit 7 Backzähnen, gleich den vorigen Gruppen bis zum Nashorn, ursprünglich an. Südamerika besitzt die kleinen Larvenschweine (Dicotyle) mit 3 Hinterzehen und 6 Backzähnen, Südasien den merkwürdigen Hirscheber (Babirussa) mit 5 Backzähnen und zerstreut behaarter Haut, Afrika die plumpen wilden Warzenschweine (Phacochoerus) mit großen schwieligen Höckern auf den Backen und schwankender Zahnbildung. Fossil kommen zwar wirkliche Schweine-

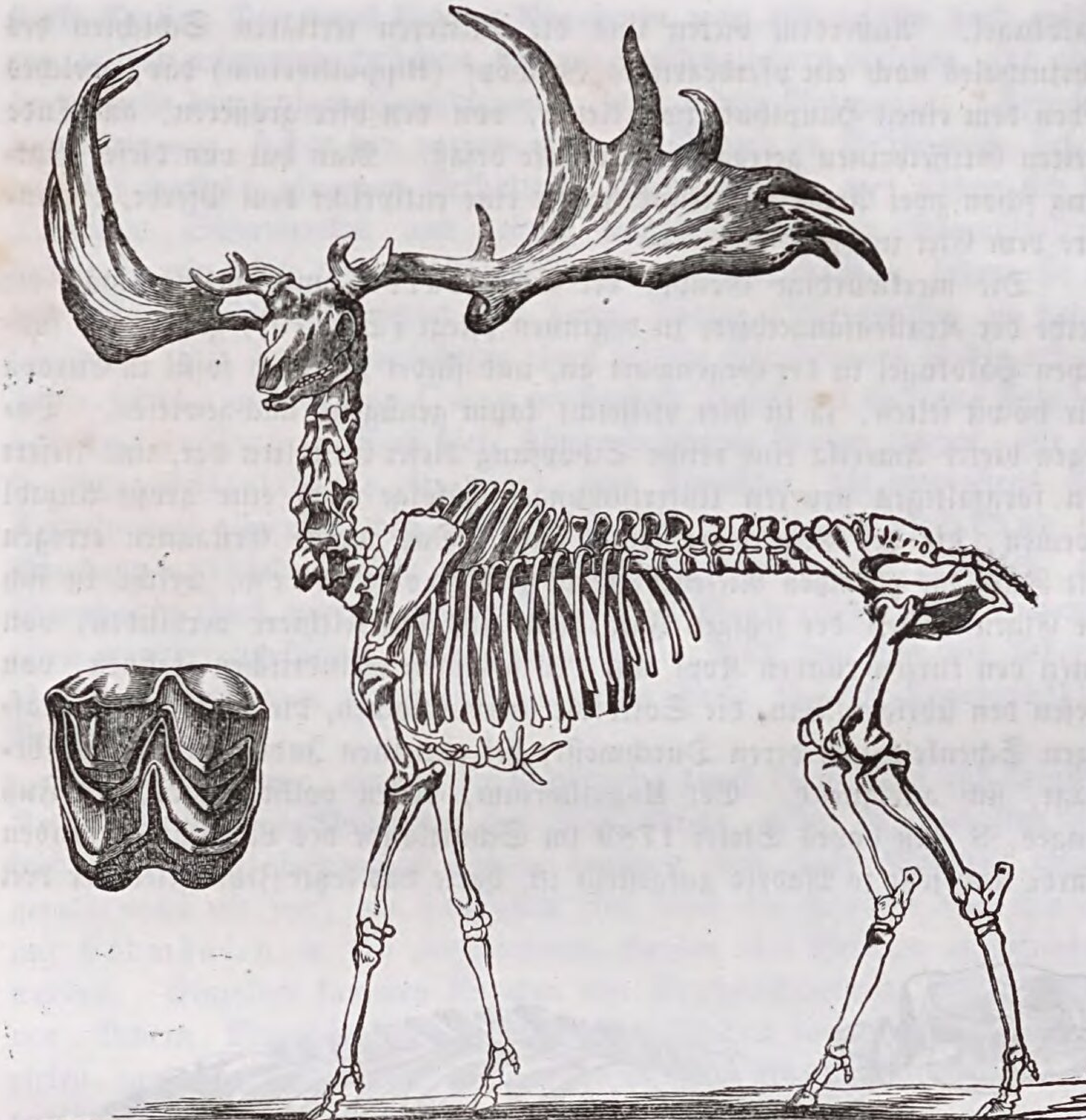
knochen einzeln in den Diluvialschichten an den verschiedensten Orten vor, allein sie sind im Ganzen selten; dagegen erscheinen in den verschiedenen Gliedern der tertiären Epoche mehrere schweineartige Gattungen, welche den lebenden Formen analog waren, ohne ihnen genau zu entsprechen. Dergleichen sind Adapis, Hyotherium, Choeropotamus, Hyracotherium und Anthracotherium, welche letzte Gattung sich einigermaßen Lophiodon anschließt und zu den Tapiren hinüber führt. Die wenigen, meist unvollkommenen Bruchstücke machen es unnöthig, in die nähere Charakteristik der verschiedenen Gestalten weiter einzugehen, wir eilen daher zum Schlußgliede der Pachydermen, den merkwürdigen Anoplotherien, welche den entschiedensten Uebergang zu den Wiederkäuern bilden.

Anoplotherium nannte Cuvier eine Gattung aus der Tiefe des Pariser Beckens, den Gypsbrüchen von Montmartre, deren Arten die ältesten Landsäugethiere der tertiären Epoche gewesen zu sein scheinen und vielleicht deshalb auf eine so sonderbare Weise die Gestalten und Eigenschaften von Pachydermen, Wiederkäuern und Pferden in sich vereinen. Namentlich der zuletzt genannten Gattung kommen sie im Bau des Kopfes und selbst im Zahntypus nahe, allein schon die Anzahl von 7 Backzähnen (das Pferd und die Wiederkäuer haben nur 6) reihet sie den Pachydermen zu. Schneidezähne waren 6, wie beim Pferd und Tapir, in beiden Kiefern vorhanden: auch die kurzen konischen Eckzähne derselben fehlten nicht; was aber das Gebiß von Anoplotherium so eigenthümlich macht, ist die ununterbrochene Reihenfolge der Zähne hinter einander, wovon in der Gegenwart kein einziges Hufthier uns ein Beispiel darbietet[14]). Aus der Nasenöffnung des Schädels läßt sich schließen, daß die Schnautze pferdeartig war; die Anoplotherien also keinen Rüssel besaßen, wie die gleichzeitigen Paläotherien. Der Bau ihres Rumpfes ist je nach den Arten verschieden; einige (die ächten Anoplotherien) haben mehr den plumpen Bau der Vielhufer, aber ein langer bis zum Boden herabhängender kräftiger Schwanz stimmt nicht zu dieser Aehnlichkeit. Cuvier hält sie deshalb für Sumpfthiere, welche gut schwimmen konnten und während dessen den Schwanz als Ruder- oder Steuerorgan benutzten. Eine andere Art (Xiphodon gracile) hatte den schlanken zierlichen Bau der Hirsche, nebst deren kurzem Schwanz, aber noch viel höhere Gliedmaßen, um geschickt durch die Büsche schlüpfen und über die niedrigen Gesträuche hinwegsetzen zu können. Endlich die meisten Arten (Dichobune) ähnelten in der Größe den Hasen, Ziegen und Rehen und waren vielleicht die Feldbewohner jener Zeiten. Mit diesen Formverschiedenheiten nimmt auch das Gebiß kleinere Variationen an, und noch größere der Fußbau. Alle Anoplotherien hatten zwei gleich große auftretende Zehen, wie die Wiederkäuer, und dazu getrennte Mittelfuß-

14) Eine mitteltertiäre Wiederkäuer-Gattung, welche Kaup aufgestellt hat, Dorcatherium, mit 7 Backzähnen, zeigt denselben Charakter.

knochen, wie die Pachydermen; bei den Wiederkäuern verwachsen diese Knochen später mit einander zu einem. Neben beiden Zehen erscheinen aber an der Fußwurzel noch Spuren kleinerer Zehen, die nur bei Xiphodon ganz fehlen, bei Anoplotherium vorn an der Innenseite vorkommen und bei Dichobune sich hier zu vollständigen Afterzehen entwickeln. Dadurch erhält der Fußbau der Dichobunen Aehnlichkeit mit dem der Schweine, der der typischen Anoplotherien mit dem der Pferde; die auch vorn wie hinten rudimentäre Mittelfußknochen (Griffelbeine) zu beiden Seiten der Hauptzehe behalten. Trotz dieser Aehnlichkeiten ist der Fuß aller Anoplotherien wegen der getrennten gleich großen Mittelfußknochen ein wahrer Pachydermenfuß, und um so auffallender muß es uns sein, daß der Unterschenkel ganz zum Wiederkäuertypus übergeht, indem er nur einen Knochen, nicht zwei (Schienbein und Wadenbein) wie die Pachydermen enthält. Das Pferd bildet darin das Zwischenglied, es hat ein vollständiges Schienbein, aber ein ganz verkümmertes Wadenbein, welches noch unentwickelter bleibt als seine Griffelbeine. Das alles sind Eigenschaften, wodurch die nahe Beziehung der Pferde zu den Anoplotherien sich herausstellt, und welche die Verbindung der ersteren mit den Pachydermen, wie Cuvier es wollte, wohl erlauben möchten.

Die große ausgedehnte Familie der Wiederkäuer ist ein Produkt der neueren Zeit und findet sich fossil bloß im Diluvium und dem zweiten Hauptgliede der Tertiärschichten. Ihre aufgefundenen Reste passen im Ganzen gut auf lebende Formen und scheinen, wenn auch nicht dieselben, doch correspondirende Arten anzudeuten. Am häufigsten und tiefsten finden sich Hirschgeweihe, die theils als analoge Arten an lebende sich anschließen, theils nicht mehr vorhanden sind; letzteres gilt besonders von einer großen Art (Cervus megaceras), welche in den Torfmooren Irlands nicht selten vorkommt, zwischen dem Dammhirsch und Elenn die Mitte hält, und sich ihnen durch den Mangel der Eckzähne am meisten nähert. Auch Rennthierknochen kommen häufig vor; sie gleichen denen der lebenden Art im Ganzen so sehr, daß die Einerleiheit beider fast wahrscheinlich wird. Viele Knochenhöhlen und Knochenbreccien sind mit den Gebeinen dieser Thiere erfüllt. Das merkwürdigste fossile Glied der Wiederkäuer dürfte übrigens die Gattung Sivatherium sein, eine der Giraffe zwar ähnliche, aber doch zugleich durch ihren plumpen Bau an Pachydermen mahnende Form, deren Schädel am Fuß des Himalaya entdeckt wurde, und die frühere Existenz einer gegenwärtig auf Afrika beschränkten sonderbaren Gestalt auch in Asien darthut. Ganz kürzlich hat man übrigens nicht bloß in Indien, sondern auch in Frankreich den fossilen Unterkiefer einer ächten Giraffe beobachtet; sie war also zur Diluvialzeit selbst in Europa einheimisch. Nächst Hirschgebeinen finden sich am häufigsten Ochsenknochen. Die Diluvialschichten Europas enthalten vorzüglich drei Arten, wovon die eine (Bos priscus) dem lebenden Auerochsen entspricht, die andere (B. primigenius) mit dem



Cervus megaceras s. eurycerus, Megaceros hibernicus *Ow.*

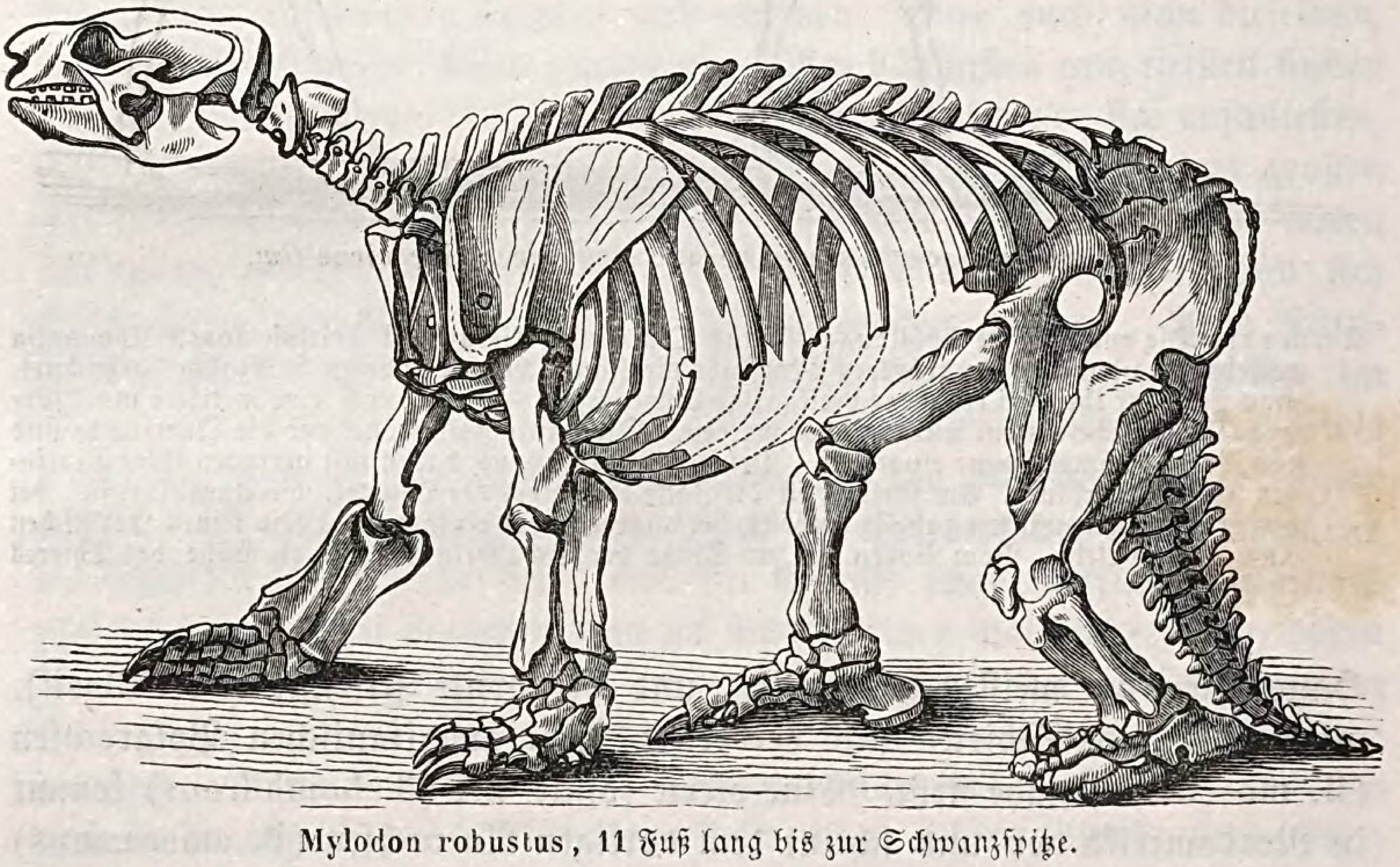
Anmerk. Die vortreffliche Abbildung ist aus Owen's History of british fossil Mammalia entlehnt und daneben im größeren Maßstabe die Kaufläche eines oberen Backzahnes gezeichnet, man sieht auf ihr zwei erhabene dreikantige Querwülste, welche durch eine mittlere mondförmige Querfurche einzeln unterbrochen werden. Die ganze Zahnkrone und die Querfurche sind von einem Schmelzsaume eingefaßt. Denselben Zahntypus haben mit geringen Modificationen alle Wiederkäuer. Am Geweih ist die Zacke dicht über der Wurzel, die Augensprosse, bei den größten Exemplaren gabelig getheilt, bei anderen aber einfach, was also keinen spezifischen Charakter abgiebt. Vom Boden bis zur Spitze der Schaufeln beträgt die Höhe des Thieres 10 Fuß. —

Hausochsen am meisten harmonirt, und die dritte seltenste (B. Pallasii), welche bis nach Sibirien sich verbreitet, dem amerikanischen Polarochsen (B. moschatus) nahe steht. Eine vierte fossile Art (B. bombifrons) kommt in Nordamerika vor und scheint dem dortigen Auerochsen (B. americanus) analog zu sein.

In der Gesellschaft von fossilen Hirschknochen finden sich sehr häufig auch Pferdeknochen; sie beweisen das Vorkommen des edlen Thieres in der Vorwelt nicht bloß auf der östlichen, sondern auch auf der westlichen

Halbkugel. Außerdem bieten uns die mittleren tertiären Schichten des Rheinthales noch ein pferdeartiges Geschöpf (Hippotherium) dar, welches neben dem einen Haupthufe zwei kleine, von den hier größeren, am Ende breiten Griffelbeinen getragene Afterhufe besaß. Man hat von dieser Gattung schon zwei Arten aufgefunden; die eine entspricht dem Pferde, die andere dem Esel in der Größe. —

Die merkwürdige Gruppe der Edentaten, mit welcher man die Reihe der Krallensäugethiere zu beginnen pflegt (S. 370), gehört der südlichen Halbkugel in der Gegenwart an, und findet sich auch fossil in Europa nur höchst selten, ja ist hier vielleicht kaum genügend nachgewiesen. Dagegen bietet Amerika eine reiche Schöpfung dieser Gestalten dar, und liefert den sorgfältigen neueren Untersuchungen zufolge noch eine große Anzahl Formen, die der Gegenwart fremd sind. Das meiste Erstaunen erregen mit Recht die plumpen Riesenthiere oder Gravigraden, welche in sich die Eigenschaften der jetzigen Faulthiere und Gürtelthiere verbinden; von jenen den kurzen runden Kopf mit den wenigen cylindrischen Zähnen, von diesen den übrigen Bau, die Solidität ihrer Knochen, die auffallenden kräftigen Schenkelbeine, deren Durchmesser bei einzelnen Individuen 1 Fuß beträgt, sich aneignend. Bei Megatherium, dessen vollständiges, 14 Fuß langes, 8 Fuß hohes Skelet 1789 im Schuttlande des La Plata gefunden wurde und jetzt in Madrid aufgestellt ist, hatte das letzte Zehenglied der drei



Mylodon robustus, 11 Fuß lang bis zur Schwanzspitze.

inneren Zehen vorn und des innersten hinten eine sehr bedeutende Größe, war am Ende in einen tutenförmigen hohen Rand erweitert und trug auf diesem Rande über einem kegelförmigen Ansatz an der Spitze gewiß eine sehr

starke Kralle. Der etwas kleinere Megalonyx war mit relativ noch größeren, seitlich zusammengedrückten, hakigen Krallengliedern versehen, und glich darin mehr den jetzigen Faulthieren. Zwei andere Gattungen: Mylodon und Platyonyx, stehen den vorigen zwar im Ganzen an Größe nach, behalten aber sonst die plumpen Verhältnisse jener bei; alle vier finden sich im Diluvium Südamerikas und lebten wahrscheinlich von Baumblättern, welche sie mit Hülfe ihrer kräftigen Krallen sich verschafften, indem sie an den Bäumen sich aufgerichtet und deren Zweige niedergerissen zu haben scheinen. Zur Veranschaulichung ihres soliden Körperbaues ist die erst im Jahre 1841 entdeckte, von Owen meisterhaft geschilderte Gattung Mylodon besonders geeignet. — Daß diese Thiere knöcherne Panzer trugen, wie die heutigen Gürtelthiere (Dasypus), eine Annahme, die wenigstens von Megatherium allgemein war, scheint sich nicht zu bestätigen, seit Lund die Knochenpanzerstücke, welche man früher dem Megatherium zuschrieb, als Eigenheiten eines anderen großen Thieres (Hoplophorus), dessen Extremitäten man bereits kannte, nachgewiesen hat. Auch von ihm und anderen ähnlichen Gattungen finden sich zahlreiche Reste in den Knochenhöhlen Brasiliens. —

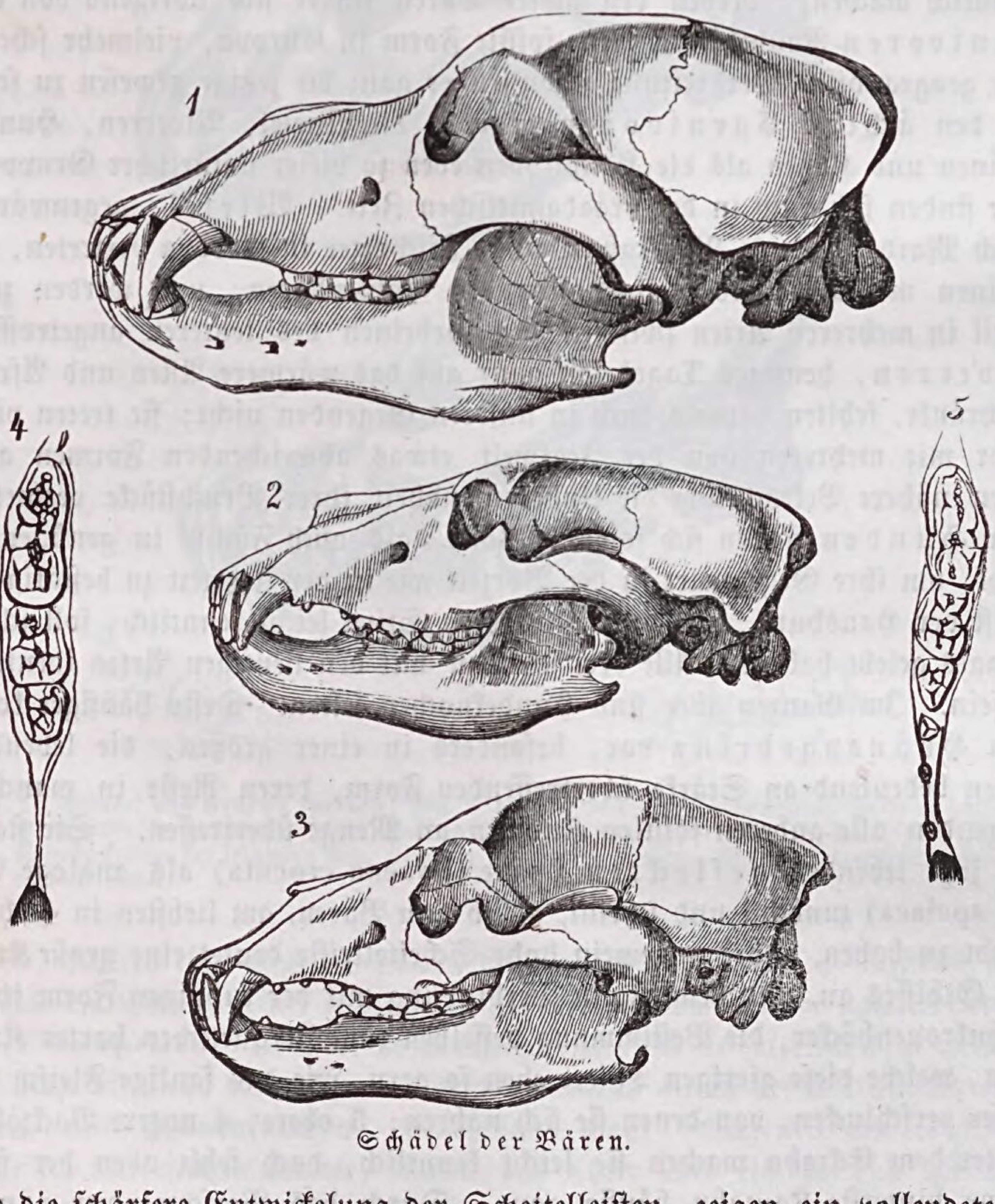
Nagethiere, eine in der Gegenwart durch die meisten und kleinsten Arten sehr wichtige Abtheilung der Säugethiere, deren Eigenschaften wir früher (S. 370) besprochen haben, kommen eben ihrer Kleinheit wegen gerade nicht oft vor; am häufigsten sind noch die Knochen von Hasen und Erdmäusen in den verschiedenen Höhlen oder Breccien aufgefunden worden. Einzelner kommen Knochen von Stachelschweinen, Meerschweinnen, Bibern, Murmelthieren, Zieseln, Eichkätzchen vor und lassen nach so vielen analogen Formen auf eine ganz ähnliche Mannigfaltigkeit in der tertiären Epoche schließen. Die meisten Knochen gehören den jüngsten Schichten aus der Diluvialzeit an, doch finden sich auch einige in den mittleren, selbst in den untersten tertiären. Abweichende Formen, die der Gegenwart ganz fehlen, hat man nur wenige kennen gelernt; denn die Gattung Toxodon, mit vier oberen neben einander stehenden Schneidezähnen und sieben Backzähnen: Zahlenverhältnisse, die bei keinem lebenden Nager vorkommen, scheint schon deshalb nicht zu dieser Gruppe zu gehören, sondern wohl unter den Pachydermen eine Stelle einnehmen zu müssen. Vielleicht war es gar ein pflanzenfressendes Beutelthier. Man fand seine Reste im Stromgebiet des Rio Negro am unteren Uruguay.

Die Beutelthiere, diese sonderbarsten aller gegenwärtigen Säugethiere, deren erste Spuren wir schon im oberen Jura antrafen, bewohnen heutiges Tages ausschließlich Neuholland und seine benachbarten Inseln, oder Amerika. Hier hat Lund bereits eine ebenso große Zahl fossiler, wie lebender Arten nachgewiesen, und in Neuholland fehlt es an präadamitischen Repräsentanten seiner lebenden Bewohner eben so wenig. Eine Didelphys-Art entdeckte man in den unteren Tertiärschichten bei Paris,

und da eben dieser Gruppe die Kiefer von Stonesfield, welche zur Aufstellung der besonderen Gattungen Thylacotherium und Phascolotherium Veranlassung gegeben haben, anzugehören schienen, so wäre sie von allen Säugethieren nicht bloß die älteste, sondern auch unter den Beutelthieren die verbreitetste Form. Nach der gegenwärtigen Meinung kundiger Beobachter in England gelten sie indeß für Insectivoren, indem der Ansicht, daß es kleine Robben gewesen seien, die schon von Cuvier hervorgehobene große Zahl (10) der Backzähne widerspricht.

Nächst den Pachydermen sind ohne Frage die Raubthiere für den Charakter der präadamitischen Säugethiere die wichtigsten Zeugen, weil ihre Knochen sich am häufigsten finden und ihre Gebeine sich am besten, der größeren Härte wegen, erhalten haben. Den Fundorten nach gehören sie den jüngeren Perioden vor der Gegenwart an, welche Thatsache insofern interessant ist, als sie den Beweis führt, daß die pflanzenfressenden Landsäugethiere älter sind, als die Fleischfresser; wie es die auf jene angewiesenen Bedürfnisse dieser mit sich bringen. Man unterscheidet gegenwärtig drei Hauptglieder unter den Raubthieren: die omnivoren Bären, mit stumpfhöckerigen Backzähnen; die ächten Carnivoren, mit 6 Schneidezähnen, einem dreiseitigen Fleischzahn und spitzzackigen Backzähnen, und die Insektivoren, kleinere Geschöpfe mit spitzzackigen Backzähnen, schwankenden Schneidezähnen und Schlüsselbeinen, welche den übrigen Gruppen fehlen. Alle drei Abtheilungen bieten uns diluviale, die meisten auch tertiäre Arten dar, namentlich zunächst die Bären aus der typischen Gattung Ursus. Europa besitzt jetzt zwei Bärenarten, darunter den Eisbären, der allein im hohen Norden sich findet; früher waren eben so viele Arten in unseren Gegenden einheimisch. Die eine derselben ist wegen des häufigen Vorkommens ihrer Gebeine in den verschiedensten Höhlen Europas, ganz besonders aber in den westphälischen und fränkischen Höhlen (S. 463), unter dem Namen des Höhlenbären (U. spelaeus) eine der bekanntesten und gewöhnlichsten Thierarten der Vorwelt. Wir liefern die Abbildung ihres Schädels (Fig. 1) zugleich mit dem Schädel der anderen fossilen Art (U. priscus, Fig. 2) und des braunen Bären (U. arctos, Fig. 3), um sowohl die formellen Unterschiede, als auch die relative Größe der ganzen Thiere daran anschaulicher zu machen. Der Höhlenbär war fast um ein Drittel (genau im Verhältniß von 9 zu 7) größer, als der heutige braune Bär, und übertraf noch den Eisbären um ein Beträchtliches; allein sein Naturel muß milder gewesen sein, als das des letzteren, ja vielleicht war das große Thier noch weniger wild, als der braune Bär. Dafür spricht die relativ geringere Entwickelung des Gebisses, besonders der Eckzähne, die stark gewölbte Stirn und die geringe Höhe der Scheitelkanten am Schädel. Vergleichen wir in den drei genannten Beziehungen die abgebildeten Schädel, so ergiebt sich, daß Ursus priscus, welcher nur die Größe des braunen Bären erreichte, relativ größere Fangzähne, kürzere Mahlzähne, eine viel

niedrigere Stirn und höhere Scheitelleisten hat, als die beiden anderen Arten, aber in allen genannten Punkten dem Eisbären ähnlicher ist, als dem braunen Bären. Indeß übertraf er den Eisbären nicht, weder an Größe, noch an Wildheit, denn dafür spricht sein höher als beim Eisbären gewölbter Schädel eben so sehr, wie sein schwächerer Unterkiefer. Umgekehrt verhalten sich die Analogien von Ursus spelaeus und Ursus arctos. Ersterer, die größere Art, gehört der Vorwelt an, und scheint weniger wild gewesen zu sein, als letzterer; der aber ist zwar kleiner, allein seine einzelnen Theile, namentlich der höhere Jochbogen, der höhere Kronenfortsatz am Unterkiefer



Schädel der Bären.

und die schärfere Entwickelung der Scheitelleisten, zeigen ein vollendeteres Raubthier an. Sicher waren also die beiden fossilen Arten von den beiden lebenden Europäern nicht bloß spezifisch verschieden, sondern sie waren im Ganzen minder gefährliche Raubthiere, insofern die größere das Naturel der jetzt lebenden kleineren Art besaß, die kleinere dagegen das wildere Na-

turel des jetzt lebenden viel größeren Eisbären. Im Einzelnen ist noch bemerkenswerth, daß der Höhlenbär im Oberkiefer nur drei hintere Backzähne behielt, und seine Lückenzähne, die zwischen ihnen und den Eckzähnen stehen, ganz verlor; während Ursus priscus, gleich den lebenden Bären, auch im Oberkiefer vier Backzähne hatte und seine vordersten Lückenzähne länger behielt. Damit correspondirt es, daß der hinterste oberste Backzahn bei Ursus spelaeus relativ viel länger ist, als bei Ursus priscus und den lebenden Arten; was die mitgetheilten Abbildungen der genannten Backzähne von Ursus spelaeus (Fig. 4) und Ursus arctos (Fig. 5) sogleich anschaulich machen. Neben den ächten Bären findet sich übrigens von den omnivoren Raubthieren keine fossile Form in Europa, vielmehr scheint ihre geographische Verbreitung schon früher ganz die jetzige gewesen zu sein. Zu den ächten Carnivoren gehören die Wiesel, Viverren, Hunde, Hyänen und Katzen als die Haupttypen eben so vieler natürlicher Gruppen. Alle finden sich auch in der präadamitischen Zeit. Wiesel, gegenwärtig durch Marder, Iltis, Vielfraß, Dachs, Fischotter in Europa vertreten, erscheinen mit allen als Zeitgenossen des Höhlenbären, und werden zum Theil in mehreren Arten zwischen den Gebeinen des letzteren angetroffen. Viverren, heutiges Tages fast ganz auf das wärmere Asien und Afrika beschränkt, fehlten damals auch in unseren Gegenden nicht; sie treten vielmehr mit mehreren von der Jetztwelt etwas abweichenden Formen auf, deren nähere Betrachtung die Unbedeutendheit ihrer Bruchstücke verbietet. Von Hunden finden sich sowohl Wölfe, als auch Füchse in genügender Zahl, um ihre Gegenwart in der Vorzeit wie in der Jetztzeit zu bestätigen; selbst der Haushund, an seiner gewölbten Stirn leicht kenntlich, soll schon damals gelebt haben. Alle drei scheinen mit den heutigen Arten identisch zu sein. Im Ganzen aber sind Hundeknochen selten. Desto häufiger kommen Hyänengebeine vor, besonders in einer großen, die lebenden Arten bedeutend an Stärke übertreffenden Form, deren Reste in manchen Gegenden alle anderen fossilen Knochen an Menge übertreffen. Sie stand der jetzt lebenden gefleckten Hyäne (Hyaena crocuta) als analoge Art (H. spelaea) zunächst und scheint, gleich dem Bären, am liebsten in Höhlen gelebt zu haben. Ihre ungemein hohe Scheitelleiste deutet eine große Kraft des Gebisses an, und beweist, in Verbindung mit der kuppigen Form ihrer Zahnkronenhöcker, die Bestimmung desselben zum Zerquetschen harter Knochen, welche diese gierigen Thiere eben so gern, wie das faulige Fleisch der Aeser verschlucken, von denen sie sich nähren; 5 obere, 4 untere Backzähne hinter dem Eckzahn machen sie leicht kenntlich, doch fehlt oben der sehr kleine hinterste Kauzahn häufig ganz. Durch das Verschwinden eines Backzahnes und die schärfere Entwickelung der Ecken oder Kanten aller Zähne unterscheidet sich das Gebiß der Katzen alsbald von dem der Hyänen; es ist das zahnärmste (oben 4, unten 3 Backzähne), aber auch das schärfste aller Raubthiere. Gegenwärtig in zahlreichen Arten über die ganze Erd=

oberfläche verbreitet, hat doch Europa und die gemäßigte Zone nur zwei Formen, den Luchs und die wilde Katze; allein zur Zeit, als Elephanten und Nashörner unseren heimathlichen Boden zum Wohnplatz brauchbar

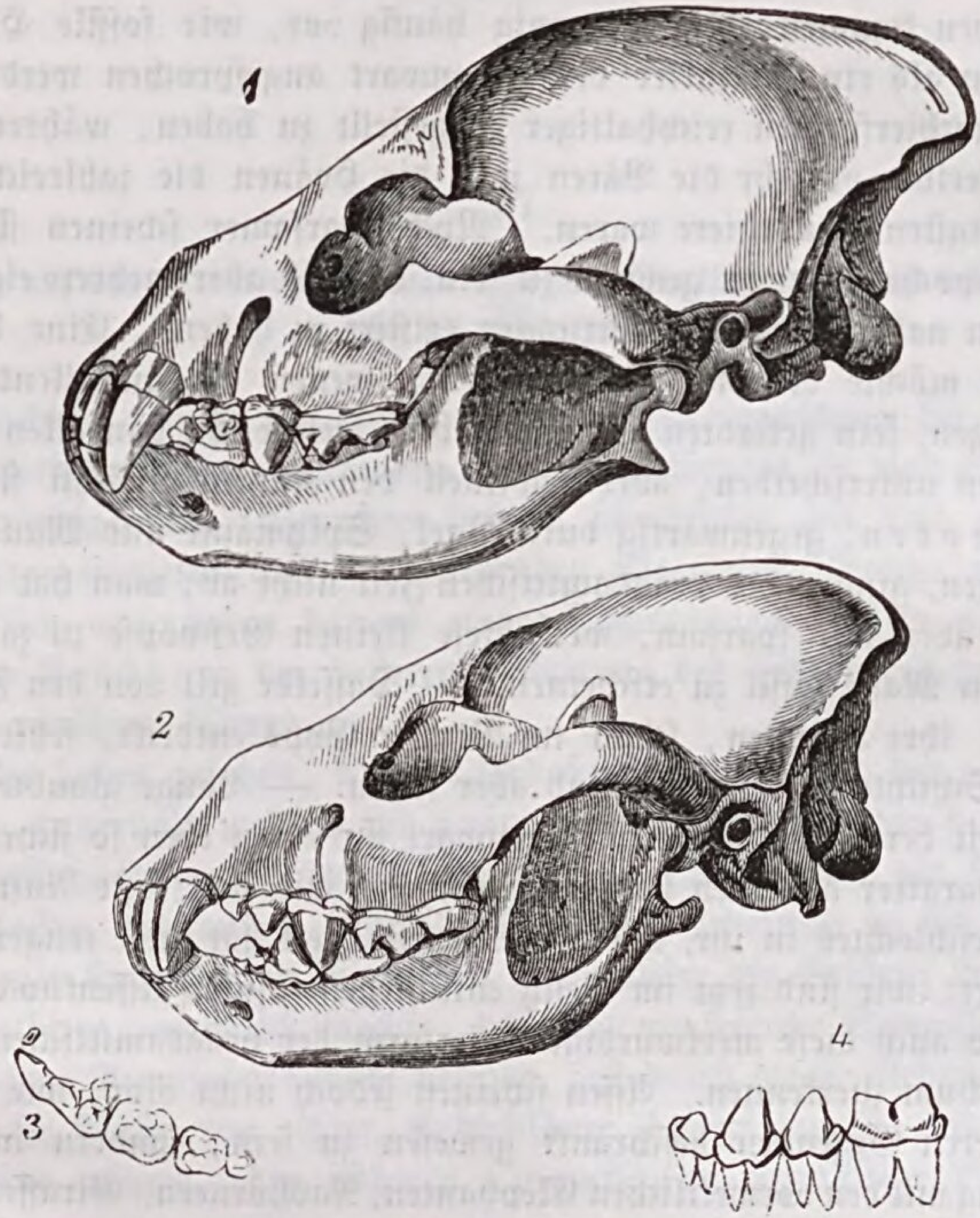


Fig. 1. Schädel von Hyaena spelaea; Fig. 2. derselbe von Hyaena crocuta; beide in entsprechender Größe verkleinert 15); jener ist genau 1 Fuß lang; dieser $10\frac{1}{4}$ Zoll. · Fig. 3. Oberkieferbackzähne der lebenden Art, von der Kaufläche gesehen; Fig. 4. Unterkieferbackzähne von der Seite.

fanden, fehlten ihm auch die Löwen der Tropenzone nicht; wenigstens finden sich die Gebeine einer großen, dem heutigen Löwen nicht nachstehenden Art (Felis spelaea), von der es zweifelhaft ist, ob sie wirklich dem Löwen oder nicht vielmehr dem Tiger entspricht, ziemlich oft in der Gesellschaft von Bären- und Hyänenknochen. Nach zwei wohl erhaltenen Unterkiefern, welche ich untersuchen konnte, scheint das Thier eher ein Tiger als ein Löwe gewesen zu sein; allein es ist mißlich, über so einzelne Körpertheile

15) Beide Zeichnungen sind, gleich den meisten früheren, nach den Schädeln der hiesigen Sammlungen von mir selber entworfen; für H. spelaea lagen dazu fünf Exemplare vor, worunter aber keine mit ganz vollständigem Jochbogen. —

eine bestimmte Ansicht auszusprechen. Die Ausdehnung der Nasenbeine und Stirnfortsätze des Oberkiefers, deren Verhältniß, wie Owen gezeigt hat, beide Arten scharf unterscheidet, würde die sichersten Anhaltepunkte für die Beantwortung der noch schwebenden Frage darbieten. Andere fossile Katzenknochen kommen eben so wenig häufig vor, wie fossile Hunde; es kann mithin als ein Charakter der Gegenwart angesprochen werden, diese beiden Raubthierformen reichhaltiger dargestellt zu haben, während in der jüngsten Periode vor ihr die Bären und die Hyänen die zahlreichsten und mannigfaltigsten Raubthiere waren. Noch sparsamer scheinen sie in der tertiären Epoche vertreten gewesen zu sein, damals aber mehrere eigenthümliche, ihnen nahe verwandte Gattungen existirt zu haben. Eine der merkwürdigsten möchte der Machaerodus sein, wegen der auffallend langen, scharfkantigen, fein gekerbten Schneidezähne, welche ihn von allen lebenden Raubthieren unterscheiden, aber habituell den Katzen zunächst stellen. — Insectivoren, gegenwärtig durch Igel, Spitzmäuse und Maulwurf bei uns vertreten, gingen der präadamitischen Zeit nicht ab; man hat ihre Reste gefunden, aber nur sparsam, weil diese kleinen Geschöpfe zu zart gebaut sind, um in Masse fossil zu erscheinen. — Dasselbe gilt von den Fledermäusen, ihre Knochen, schon im Pariser Gyps entdeckt, fehlen in den jüngeren Schichten nicht ganz, sind aber selten. — Lange glaubte man die Anwesenheit der Affen in der Gegenwart für einen eben so sichern Organisationscharakter derselben halten zu können, wie das erste Auftreten des Menschengeschlechtes in ihr, allein die neueste Zeit hat diese trügerische Ansicht zerstört; wir sind jetzt im Besitz entschieden fossiler Affenknochen, und müssen also auch diese merkwürdige Thierform der präadamitischen Periode als Eigenthum zuerkennen. Affen scheinen jedoch nicht bloß, wie jetzt, auf die südlicheren Gegenden beschränkt gewesen zu sein, sondern in gleicher Verbreitung mit den vorweltlichen Elephanten, Nashörnern, Giraffen, Löwen oder Tigern und Hyänen, über das ganze mittlere Europa sich ausgedehnt zu haben. Die ersten Reste fand man am Fuße des Himalaya in der Siwalik-Kette, darauf andere im Departement du Gers des südlichen Frankreichs, später auch in England einen Unterkiefer[16]); die jüngsten entdeckte Lund in Brasilien, ein Anderer in Griechenland am Fuße des Pentelikon: Orte, von denen die europäischen jetzt keine Affen mehr besitzen, obgleich nach dem Vorkommen derselben auf den Felsen von Gibraltar die südlicheren sie füglich beherbergen könnten. Sie sind also in der Diluvialepoche über die Streichungslinie der Alpenkette, welche gegenwärtig in vieler Beziehung eine scharfe Grenze der Organisation zwischen dem Norden und Süden macht, hinausgegangen, und beweisen ebenfalls für die höher gelegenen Theile Europas, trotzdem, daß seine Elephanten und Nashörner

---

16) Vergl. l. Martin, a gener. Introd. to the nat. hist. of Mammif. anim. p. 356. Lond. 1841. 8.

auch in kälteren Regionen, als ihre heutigen Nachkömmlinge, füglich leben konnten, meiner Meinung nach ein wärmeres, wenn auch gerade nicht tropisches Klima. —

27.

Rückblick auf die antediluvianischen Epochen Deutschlands und die Organisation im Allgemeinen.

Nachdem wir in den letzten Kapiteln die Organismen der drei großen präadamitischen Bildungsperioden unseres Erdkörpers, so weit es für unsere Zwecke nöthig schien, betrachtet haben, überblicken wir jetzt am Schlusse die aus den Einzelnheiten sich ergebenden allgemeinen Gesetze noch einmal übersichtlich und ziehen daraus einige Folgerungen, welche uns eine bestimmtere Ansicht von der äußeren Gestaltung des Erdkörpers in jenen Zeitepochen gewähren können.

Wir haben gesehen, daß die Erdoberfläche während der ganzen ersten Periode, innerhalb welcher die primären Erdschichten von den metamorphischen Schiefern aufwärts bis zu den Steinkohlen, die letzteren mit eingeschlossen, entstanden, den Charakter einer Inselwelt an sich trug, deren feuchte, mit Kohlensäure überladene Atmosphäre die Existenz luftathmender Rückgratthiere unmöglich machte; daß diese ungesunde Sumpfluft, so dürfen wir jene Atmosphäre wohl nennen, erst durch die Entstehung der Vegetabilien in Masse von ihrer Kohlensäure befreit wurde und als Folge dessen eine reinere, der höheren Organisation zuträgliche Beschaffenheit annahm.

Suchen wir jetzt diese Resultate in der früheren Gestalt unseres heimathlichen Bodens bestimmter nachzuweisen, so scheint es sich ohne Schwierigkeit zu ergeben, daß damals die Mitte von Deutschland unter der Form dreier Inseln, welche in größerer Entfernung noch von einigen das Wasser überragenden Felsenkuppen umgeben waren, vorhanden gewesen sein mag [1]). Die westliche Insel bestand aus dem weit ausgedehnten Schiefergebirge zu beiden Seiten des Rheines von Bingen bis Bonn und hatte einen fast nierenförmigen Umriß, dessen mittlerer schmälster Theil zwischen den genannten beiden Städten lag. Westlich von diesem Isthmus bildeten die Ardennen, die hohe Veen, die Eifel und der Hundsrück das vom Wasser befreite Land, östlich der Taunus, der Westerwald und das westphälische

---

1) Es wird zweckmäßig sein, bei der Lectüre dieses ganzen Kapitels die auf S. 491 eingeschaltete Karte zu Rathe zu ziehen.

Schiefergebirge. Das Thal der Sambre und der Maas bis Lüttich auf der einen, das der Ruhr auf der anderen Seite bezeichneten die alte nordwestliche Meeresküste, deren sumpfiges Vorland mit jenen großen Waldungen bekleidet war, welche wir nunmehr als Steinkohlen in den belgischen und westphälischen Kohlengebirgen begraben finden. Den südlichen Küstenrand dieser Insel umgürtete ein ähnlicher dichter Waldsaum, und aus ihm entstand das so überaus mächtige Saarbrücker Kohlenrevier (S. 204).

Als zweite ungleich kleinere Insel schloß sich an die vorige im Nordosten der Harz, eine länglich elliptische, schroff ansteigende Kuppe darstellend, die von Nordwest nach Südost ausgezogen war, und in derselben Richtung von dort nach hier sanfter abfiel. Sie bot eben deshalb nur an ihrem südöstlichen Ende eine hinreichend gesicherte Strandfläche zum Absatz vegetabilischer Sedimente dar, und besitzt aus demselben Grunde nur in dieser Gegend noch jetzt Kohlengebiete. Als Fortsetzung derselben, als eine Waldung, die auf sehr flachen Inselchen sich angesiedelt haben mußte, ist das Wettiner Kohlenrevier in der Nähe von Halle zu betrachten.

Die dritte größte Insel bestand aus den Bergzügen, welche Böhmen umgeben: dem Riesengebirge, den Sudeten, dem mährischen Gebirge, Böhmerwaldgebirge, dem Fichtelgebirge, Frankenwalde und Erzgebirge; sie bildete einen großen breiten Ring, der wahrscheinlich nach Nordwest, wie nach Nordost unterbrochen war, und in seinem Innern noch Meeresfluthen umschloß. In diesem Binnenmeere sammelten sich die Residua benachbarter weit ausgedehnter Waldungen, deren früheres Dasein gegenwärtig in dem Pilsener Kohlenreviere sich zu erkennen giebt, und außerhalb am Nordrande des Ringes fanden sich andere bewaldete Moorflächen, von denen das Waldenburger Kohlengebirge in Schlesien, und das Zwickauer in Sachsen herrühren.

Außer den genannten drei Inseln scheint Deutschland in jener Zeit noch völlig vom Meere bedeckt gewesen zu sein, wenn nicht, was wahrscheinlich ist, die granitischen und metamorphischen Felsmassen der Vogesen, des Schwarzwaldes, Odenwaldes und Thüringerwaldes schon zum Theil als nackte, unbekleidete Felsenklippen über das Niveau des Wassers hervorragten.

Die Oberfläche der größtentheils bewaldeten Inseln scheint überhaupt nur wenig mit thierischen Organismen bevölkert gewesen zu sein, ja die ganzen Inseln haben außer Insekten und Spinnen kaum Landgeschöpfe besessen. Selbst Süßwasserthiere finden sich nur sehr sparsam zwischen den auf uns gekommenen Resten, und scheinen die Annahme großer Binnengewässer zu verbieten. Vielleicht war die Wölbung der Inseln zu gleichmäßig, als daß atmosphärische Niederschläge sich irgendwo zu Seen und Flüssen hätten ansammeln können; oder der allseitige Abfluß dieser Wasser

war zu schnell, um dem organischen Leben in den ohnehin nicht sehr ausgedehnten Bächen einen ruhigen Bildungsherd zu gestatten. Aus demselben Grunde schufen diese Wasser keine selbstständigen mechanischen Niederschläge, ihre Geröllmassen wurden eiligst mit fortgerissen, oder in so geringer Menge gebildet, daß sie auch an den Mündungen keine eigenthümlichen Sedimente absetzen konnten, vielmehr in den allgemeinen Meeresschichten sich verloren. Wir finden daher weder zahlreiche Süßwassergeschöpfe, noch ganze selbstständige Süßwassersedimente irgendwo auf der Erdoberfläche in den älteren Perioden, sondern begegnen hauptsächlich nur Meeresprodukten, als den gleichmäßig und gleichzeitig erfolgten Absätzen eines in gleicher Form vorhandenen Verwitterungsmaterials, das stets aus granitischem Massengestein oder metamorphischen Schiefern bestand, und höchstens stellenweis von Hornblende führenden plutonischen Felsarten unterbrochen werden mochte. Als aber durch die Verwitterung dieser Stoffe die Thonschiefer- und Grauwackenschichten entstanden waren, als sich mehr und mehr kohlensaurer Kalk aus dem Urmeere unter Mitwirkung der Korallenthiere, Mollusken und Foraminiferen niedergeschlagen hatte, da nahmen die später gebildeten neueren Sedimente einen veränderten localen Charakter an, wobei das äußere Ansehen der Schichten in demselben Maße seine Gleichförmigkeit verlor, wie das mannigfacher gewordene organische Leben im Schooße der Meere sich verschiedenartiger gestaltete. —

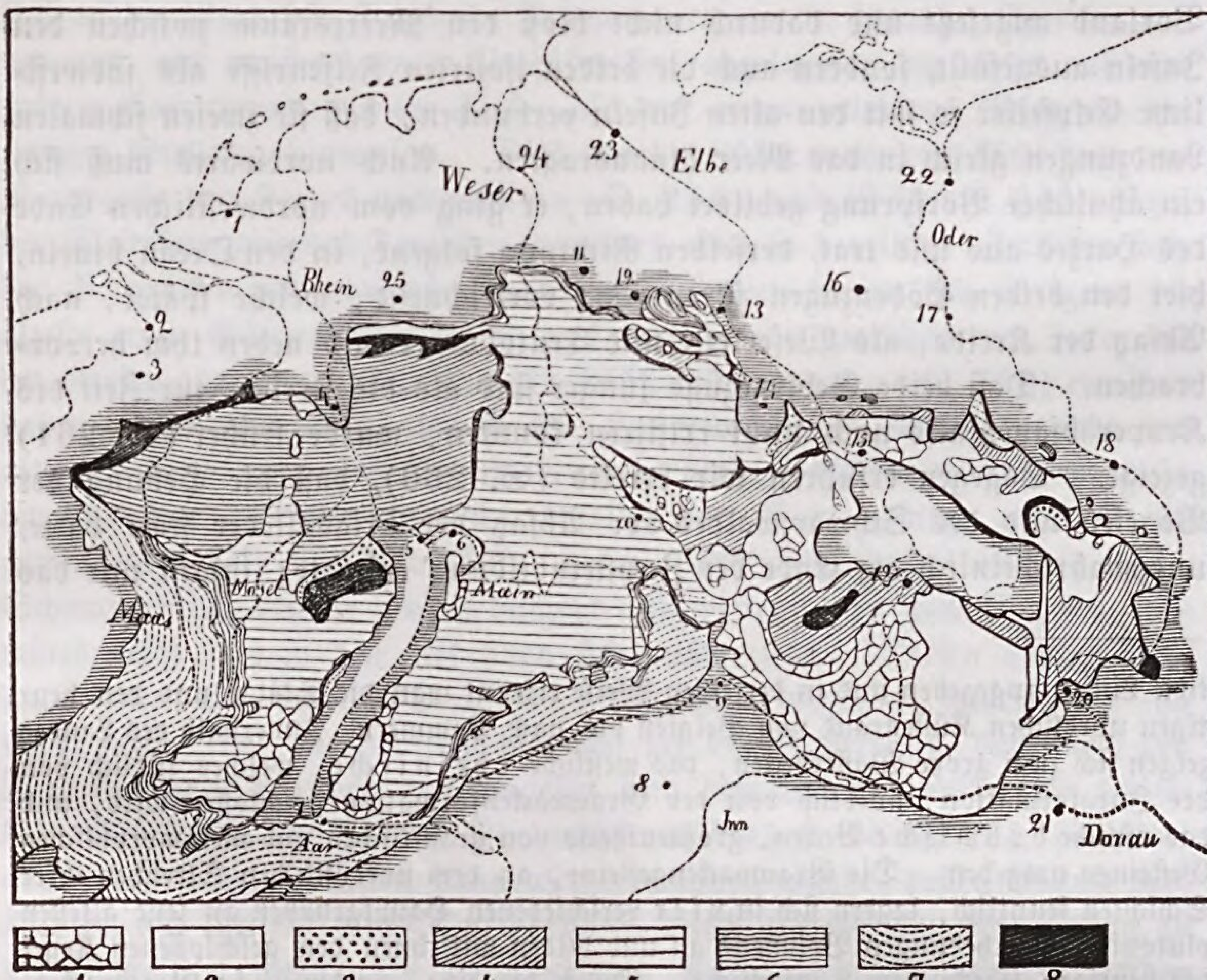
Das Bild, welches wir so eben von Deutschland während der ältesten Periode seiner Existenz entworfen haben, paßt übrigens, so weit unsere Erfahrungen reichen, auf die Oberfläche der ganzen Erde; es würde uns demnach, wollten wir es auch in anderen fern oder nahe gelegenen Theilen Europas weiter verfolgen, zu keinen neuen Resultaten führen. Ueberall verrathen die Glieder der Grauwackenformation nicht bloß denselben Organisationscharakter, sondern sogar eine spezifische Uebereinstimmung der Formen, wie sie an so entlegenen Stellen der Erdoberfläche gegenwärtig nicht mehr vorkommt. Setzt es uns auch nicht in allzu großes Erstaunen, daß im Umfange des ganzen Europas, dessen Organismen noch jetzt einen gleichen Bildungscharakter zeigen, dieselben Thierarten in denselben Sedimentärschichten angetroffen werden, so erregt es doch unsere gerechte Verwunderung, vollkommen gleiche Geschöpfe auch in den Grauwackengliedern Nordamerikas anzutreffen; ja eben dieselben noch in Südamerika, am Kap und in Neuholland wiederzufinden. Zwar gilt die Gleichheit nicht immer von allen Arten, sondern nur von einigen oder den meisten, überall wiederkehrenden; aber diese wenigen beweisen es dennoch, daß in jener Zeit die ganze von Organismen bewohnte Erdoberfläche denselben Organisationscharakter besaß, und keineswegs mehrere organische Gebiete, wie gegenwärtig an entfernten Orten, sich vorfanden. Wir haben dies Gesetz schon früher (S. 381) ausgesprochen und den damaligen Organisationscharakter näher als einen entschieden tropischen dargethan (S. 392), brauchen

also nicht weiter in die Einzelnheiten desselben einzugehen; nachdem wir so eben, was die formelle Erscheinung der Erdoberfläche jener Zeit bis nach der Steinkohlenbildung betrifft, den Inselcharakter nicht bloß theoretisch aus der Organisation, wie früher (S. 410), ermittelten, sondern ihn sogar empirisch durch die gegenwärtige Beschaffenheit Deutschlands nachzuweisen suchten. —

Treiben wir den Versuch, unsern heimathlichen Boden allmälig aus der Tiefe sich erheben zu sehen, noch weiter, indem wir in einer ähnlichen Weise die secundären Formationen betrachten, so finden wir zuvörderst, daß unmittelbar nach der Steinkohlenbildung die Scene sich noch nicht wesentlich änderte; denn die Zechsteinformation, welche nach den neuesten Ansichten auch das Rothliegende in sich fassen soll, entfernt sich nicht sehr weit von den alten Küsten der vorher betrachteten Inseln, sondern bildet an ihnen nur einen neuen, etwas weiter ausgedehnten Uferrand (S. 209). Wahrscheinlich brachen beim Beginn dieser Periode die Porphyre hervor (S. 206), und ihre Erhebung mag es gewesen sein, welche die Bildung der Kohlenschichten abschloß, oder die Entstehung des Rothliegenden einleitete. Indessen war durch die massenhafte Bindung des Kohlenstoffs in den Pflanzen und den dadurch bewirkten größeren Reichthum der Atmosphäre an Sauerstoff die Möglichkeit gegeben, daß Landrückgratthiere auf den vorhandenen Inseln existiren konnten, und somit ein wesentlicher Fortschritt gemacht, ja eigentlich der erste Keim zur Entstehung des Menschengeschlechtes eben jetzt gelegt worden. Von diesem Gesichtspunkte aus ist die Zechsteinformation die Durchgangsperiode in der Entwickelungsgeschichte unseres Planeten, in welcher die alte Zeit sich abschließt und mit der sein Mittelalter beginnt.

Die Periode der Erdbildung, welche wir mit dem letztern Namen bezeichnen können, umfaßt alle secundären Schichten von der Trias bis an's Ende der Kreidezeit. Während derselben ändert sich der Organisationscharakter unseres Planeten nach zwei wesentlichen Richtungen; er verliert seine gleichzeitige spezifische Uebereinstimmung an allen Orten, und entwickelt statt der früheren größtentheils durch Kiemen athmenden Rückgratthiere nicht bloß zahlreiche, durch Lungen athmende Vertebraten, sondern zeigt uns auch die ersten Warmblüter, also Säugethiere und Vögel. Zugleich finden sich seit dieser Epoche, statt der früheren isolirten und seltenen Süßwassergeschöpfe, ganze Süßwasserformationen auf der Erde. Dagegen behält der Planet sein gleichmäßiger warmes tropisches Klima bei, und erzeugt eben deshalb in den gemäßigten Breiten durchaus andere Gattungen oder Arten, als wir gegenwärtig daselbst finden. Alles dies ist früher durch ausführliche Schilderung der Organismen im 25. Kapitel nachgewiesen worden, weshalb wir jetzt nicht weiter darauf eingehen, sondern uns nur noch mit einer kurzen Betrachtung der Formänderungen befassen, welche der Boden von Deutschland während der secundären Periode erlitt. —

Die wichtigste formelle Verschiedenheit erlangte unser Vaterland durch den Absatz der Triasschichten, und namentlich durch das untere Glied desselben, den **bunten Sandstein** (S. 210). Durch ihn und seine beiden Nachfolger, den **Muschelkalk** und den weiter verbreiteten **Keuper** (S. 213), wurden die früher unterschiedenen drei Inseln mit ihren südwärts vorgeschobenen Felsenriffen, den Vogesen und dem Schwarzwalde, auf die Weise zu einer einzigen Insel verbunden, daß sich in den Lücken zwischen ihnen, zumal südwärts, jene drei Meeres-Niederschläge absetzten,



Karte von Deutschland zur Zeit des Kreidemeeres[2].

Anmerk. Die Zahlen unter der Karte beziehen sich auf die Formationen und bezeichnen: 1. Granit, 2. Gneis und krystallinische Schiefer überhaupt, 3. Porphyre und Melaphyre, 4. Grauwackenformation, 5. Triasschichten, 6. Lias, 7. Jura, 8. Steinkohlen. In der Karte selbst stehen Zahlen neben folgenden Städten: 1. Amsterdam, 2. Antwerpen, 3. Brüssel, 4. Cöln, 5. Mainz, 6. Frankfurt a. M., 7. Basel, 8. München, 9. Regensburg, 10. Meiningen, 11. Hannover, 12. Braunschweig, 13. Magdeburg, 14. Leipzig, 15. Dresden, 16. Berlin, 17. Frankfurt a. d. O., 18. Breslau, 19. Prag, 20. Olmütz, 21. Wien, 22. Stettin, 23. Hamburg, 24. Bremen, 25. Münster.

2) Zur näheren Erklärung obiger Karte diene noch Folgendes. Alles vor der Kreidezeit über das Niveau des Weltmeeres erhobene Land ist durch einen scharfen Küstencontur mit abstehenden Strandstrichen von dem umgebenden Meere, aus welchem sich die Kreideformation absetzte, deutlich unterschieden. Auf dem Boden dieses weiten Oceans sind die späteren Flußbetten der Hauptströme Deutschlands durch punk-

und beim Rücktritt des Wassers, welcher durch große Massenerhebungen an anderen Stellen und damit verbundene Einstürzungen bewirkt wurde, ihre obersten nicht mehr vom Wasser bedeckten Theile als neue Strandbildungen zurückließen. In jener Zeit, nach Absatz des Keupers und seiner Entblößung vom Meere, bildete also Deutschland ein von Westen nach Osten ausgespanntes stumpfwinkeliges Dreieck, dessen stumpfer Scheitel an der nordwestlichen Ecke des Harzes sich befand, während die alten Grenzen der beiden größeren früher isolirten Inseln im Osten und Westen stehen geblieben waren. Südlich aber hatte sich an diese Inseln ein weites hügeliges Vorland angesetzt und dadurch nicht bloß den Meeresraum zwischen den Inseln ausgefüllt, sondern auch die beiden isolirten Felsenriffe als südwestliche Eckpfeiler so mit den alten Inseln verbunden, daß sie zweien schmalen Landzungen gleich in das Meer hinausragten. Auch nordwärts muß sich ein ähnlicher Vorsprung gebildet haben; er ging vom nordwestlichen Ende des Harzes aus und trat, derselben Richtung folgend, in den Ocean hinein, hier den beiden Höhenzügen ihren Weg vorzeichnend, welche später, nach Absatz der Kreide, als Weserkette und Teutoburgerwald neben ihm hervorbrachen. Daß beide Gebirgszüge jünger sind als die Kreide, zur Zeit des Keuperabsatzes also noch nicht existiren konnten, wurde früher (S. 261) gezeigt. Dagegen erfuhren wir bereits (S. 260), daß die Hebung der Vogesen und des Schwarzwaldes vor Absatz der Triasglieder statt hatte, und wahrscheinlich am Ende der Zechsteinbildung erfolgte; indem nur das

---

tirte Linien angegeben und in derselben Weise erkennt man die Städte und den heutigen nördlichen Küstenrand von Belgien bis nach Pommern. Innerhalb des Landes zeigen sich zwei große Wasserbecken, das westliche rheinische, welches südlich von der Juraformation, nördlich von der Grauwackenformation geschlossen wird, und das östliche böhmische Becken, größtentheils von granitischen und metamorphischen Gesteinen umgeben Die Grauwackengesteine, an dem nordöstlichen Streichen ihrer Schichten kenntlich, lagern sich in vier verschiedenen Hauptgruppen an jene ältesten plutonischen Erhebungen Böhmens an und bilden mit ihnen den geschlossenen Kessel des heutigen Czechischen Königreichs. Durch die eine, nordwestliche Grauwackenmasse hängen das Erzgebirge und Fichtelgebirge, welche nach dieser Seite Böhmen abschließen, mit dem Thüringerwalde zusammen. Ihn und den nördlicher gelegenen Harz umgürtet, als schmaler schwarzer Küstenrand der allerältesten plutonischen Erhebungen von Deutschland, die Zechsteinformation, deren Spur auch an der Ostküste des großen westlichen Grauwackengebietes zu beiden Seiten des Rheines erkannt wird. Die nordwestlichen und südlichen Küsten desselben umgiebt die Steinkohlenformation als schmaler Saum; sie tritt überhaupt nur in der Nähe des ältesten Meeres auf, und zeigt sich an den verschiedensten Stellen der Grauwackengestade ostwärts wie westwärts. Selbst am Ufer des böhmischen Binnenmeeres bildeten sich Steinkohlen. Nach dieser Zeit zog sich das Meer aus dem Raume zwischen Böhmen, dem Harze und dem rheinischen Schiefergebirge zurück, und hinterließ daselbst die (horizontal gestreiften) Triasschichten. Ihre älteste Küste wird durch den (wellig gestreiften) Lias bezeichnet, an den sich der mächtigere (punktirt gestreifte) Jura unmittelbar anschließt. Seine äußere Grenze ist das Ufer des Kreidemeeres.

oberste Glied dieser Formation, der Vogesensandstein (S. 211), den man früher als unterste Schicht zum bunten Sandstein zählen wollte, in ihnen aufgerichtet zu sein scheint. —

Im Umfange der so gestalteten Insel des alten Germaniens, deren Form auf dem eingeschalteten Holzschnitt deutlicher hervortritt, muß das Meer lange Zeit eine sehr beträchtliche Tiefe behalten haben, denn weder die Juraschichten, noch die Glieder der Kreide nehmen an der weitern Ausdehnung seines gegenwärtig trocken gelegten Bodens um die frühere vierzackige Insel herum einen sehr wesentlichen Antheil. Namentlich an der Nordküste sind beide Formationen nur in schmalen Streifen angedeutet, und meistens unter Verhältnissen abgelagert, die mehr auf eine spätere Aufrichtung aus der Tiefe, als auf einen primären Absatz in der jetzigen Stellung hinweisen. Dies wurde früher von den Schichten am Nordrande des Harzes nachgewiesen (S. 256), und ist in den Höhenzügen der Weserkette wie des Teutoburgerwaldes eben so deutlich. Zwischen beiden Bergrücken und nordwärts von der Weserkette breitet sich übrigens die älteste große Süßwasserformation aus, welche wir zwischen dem Jura und der Kreide antreffen und früher als Wäldergruppe (S. 222) erwähnt haben. Im Ganzen ist jedoch die Kreideformation am Nordrande des älteren Theiles von Deutschland weiter verbreitet, die Juraformation mehr am südlichen. Letztere zieht sich daselbst vom Fichtelgebirge abwärts bis zum Donauthale hin und läuft, dessen nördlichen Abfall bildend, zum Schwarzwalde, den sie südlich umgeht und weiter neben den Vogesen aufwärts steigt, bis zu den Ardennen sich ausbreitend. Diesen ganzen Verlauf haben wir früher (S. 220) genügend besprochen, wiederholen ihn daher nicht, sondern verweilen hier nur bei der Bemerkung, daß durch den Jura der lange zwischen den Vogesen und dem Schwarzwalde frei gebliebene Meerbusen, das heutige Rheinthal von Basel bis Mainz, südwärts abgeschlossen und in einen Binnensee verwandelt wurde, dessen Abfluß nach Norden nur mittelst eines Durchbruches durch die Grauwackenschichten an der schmalsten Stelle des vorgelagerten Schiefergebirges bewirkt werden konnte. Wann dieser Durchbruch erfolgte, wagen wir nicht zu entscheiden, sehr alt aber scheint er nicht zu sein, da noch viel jüngere tertiäre Schichten in demselben Becken sich gebildet haben. — Wie hier der Jura einen Binnensee bildete, so füllte im Norden die Kreideformation das Binnenmeer aus, welches bis dahin zwischen den Sudeten, dem Riesengebirge und den südwärts gelagerten Theilen des böhmischen Schiefergebirges frei geblieben war. Damals entstanden in diesem Binnenmeere die Schichten von Quadersandstein und Plänerkalk, in denen die obere Elbe sich später ihr Bett gewühlt hat, und die sie jetzt auf der Grenze Böhmens so malerisch durchbricht; damals erst wurde das bis dahin mondförmig gestaltete Stufenland Böhmens in einen wirklich geschlossenen, von höheren Bergreihen umgürteten Kessel verwandelt, und ganz vom Meere entblößt. Gleichzeitig mit

dem Entstehen beider Formationen scheinen übrigens in den benachbarten Gebirgen mehrere Niveauveränderungen eingetreten zu sein; denn wir erfuhren schon früher (S. 260), daß das Böhmerwaldgebirge die Schichten des Keupers hebt, also mit der Jurabildung gleichzeitig sein Niveau änderte, während das Erzgebirge verworfene Juraschichten trägt und das Riesengebirge mit den Verwerfungen der Kreideschichten am nördlichen Harzrande gleichzeitig eine Niveauveränderung erlitten zu haben scheint. — So wären denn noch mancherlei Störungen an den Küsten des alten Germaniens vorgekommen, im Innern desselben aber von der Bildung des Keupers bis nach Absatz der Kreide keine wesentlichen Umgestaltungen eingetreten. Hier hatte die organische Welt lange Zeit einen sehr ruhigen Aufenthalt, den sie jedoch eben nicht sehr benutzt zu haben scheint; denn die meisten Geschöpfe aus jener Periode sind noch Wasserbewohner, obgleich Luftathmer, nämlich Amphibien.

Allein die Ruhe, welche die damalige Organisation während eines so langen Zeitraumes wenigstens an dieser Stelle genossen haben mochte, wurde beim Beginn der tertiären Periode auf eine sehr gewaltsame Weise gestört, indem das Meer von einem sehr großen Theile des noch nicht vorhandenen Festlandes in periodischen Absätzen sich zurückzog, und dabei vorübergehend ältere Landstriche aufs Neue bedeckte. Die Ursache dieser Wasserversetzung dürfen wir ohne Frage aus sehr bedeutenden Verwerfungen der Erdoberfläche selbst ableiten und mit einem hohen Grade von Wahrscheinlichkeit annehmen, daß es Durchbrüche in der westlichen Alpenkette, den Pyrenäen und Apenninen (S 260) waren, welche dieselben veranlaßten. In dieser Zeit erlitt auch Deutschland bedeutende Umwälzungen durch die Hebung des Teutoburgerwaldes und der Weserkette, die beide erst nach der Kreide entstanden. Aus derselben Periode rühren die Braunkohlenschichten her, welche an vielen Stellen innerhalb des alten Festlandes, z. B. im Thale der Fulda bei Cassel, im Saalthale bis oberhalb Jena hinauf, in Böhmen im Thale der Eger und von da bis nach Teplitz, in den Thälern des Westerwaldes, im Rheinthale selbst bei Bonn und nördlich von Frankfurt bis zum Vogelsberge hin angetroffen werden. Alle diese localen Gebilde sind die Produkte lange fortdauernder Wasserfluthen im Binnenlande, welche die Waldungen des Festlandes mit sich fortnahmen und an abschüssigen Stellen, wo das Wasser sich sammelte oder in Vertiefungen aufgestaut wurde, absetzten, sie mit den nachfolgenden Thon- und Sandmassen bedeckend. Die Umrisse Deutschlands erweiterten sich bei dieser großen Katastrophe nach Norden zu nicht wesentlich, das Meer trat noch immer bis dicht an die alten Küstenränder, so daß der Boden von Cöln, Düsseldorf, Münster, Hannover, Magdeburg, Dessau, Leipzig, Torgau, Görlitz, Liegnitz und das ganze Oderthal bis über Ratibor hinauf Seegrund blieb. Dagegen scheint südlich von den alten Küsten, deren Grenze durch die Donau fast genau angegeben wird, — die also von Schaffhausen über Ulm nach

Regensburg und von da über Passau nach Linz und Wien sich erstreckten, — bald ein neuer Landstrich entstanden zu sein, und in Folge dieser Entblößung die weite Lücke zwischen dem Jura und der Alpenkette von Genf bis Wien sich größtentheils oder ganz in Festland verwandelt zu haben. In der bezeichneten großen aber schmalen Mulde finden sich die Schichten der mittleren Tertiärformation, zu welcher die Molasse der Schweiz gehört (S. 242) und ein Theil der Schichten des Rheinthales bei Mainz, der Muschelsand und das Tegelgebilde (S. 243). Wir haben die merkwürdigsten organischen Reste dieser Niederschläge früher besprochen (S. 464) und dabei von dem fremdartigen Charakter uns überzeugt, der auch damals noch auf unserem heimischen Boden sich gestaltete; wir wollen jene Angaben nicht wiederholen, sondern vielmehr die Ursachen der Erhebung des eben bezeichneten Bodens aus der Meerestiefe zu erforschen suchen. Wahrscheinlich ist es, daß eine Niveauveränderung in der Alpenkette von Wallis bis nach Oesterreich, welche als das zwölfte Hebungssystem von uns aufgeführt wurde (S. 262), diesen Theil Deutschlands mit emporhob und in seine gegenwärtige Lage versetzte; wobei jedoch das westliche Ende des ganzen Thales, zwischen dem Genfer- und Bodensee, mit abgedämmtem Wasser erfüllt blieb, und die Geröllmassen der Alpengewässer in sich aufnahm, während ein Theil derselben mittelst Gletschereis, das als Träger von erratischen Blöcken (S. 49) auf diesem Binnensee umhertrieb, bis auf die Höhen des Jura verbreitet wurde. Durch das Rheinthal sollen diese Wasser, nachdem Zuflüsse von den Höhen sie bedeutend vermehrt hatten, ihren Abfluß genommen und den Löß (S. 245) als Sediment zurückgelassen haben. — Entweder um dieselbe Zeit, oder vielleicht etwas früher, scheinen auch die vulkanischen Gebirge in Hessen und Böhmen, der Vogelsberg, die Rhön, das Mittelgebirge, und die in gleicher Richtung streichenden Basalttuffe Schwabens, welche der rauhen Alp ihre heutige aufgerichtete Stellung ertheilt haben mögen, durchgebrochen zu sein; wenigstens bedecken sie an Stellen, wo sie mit Braunkohlen in Berührung treten, wie am Meisner bei Cassel, die letzteren, sind also jünger als jene Schichten. Durch sie wurde eine bedeutende Revolution im Innern des damaligen Festlandes von Deutschland bewirkt, offenbar die benachbarte Organisation vernichtet, und ein localer Schichtenabsatz, der indessen nur Süßwasserprodukt sein konnte, veranlaßt. In der That finden sich auch Süßwasserschichten, die jünger sind als die Braunkohlen, an mehreren benachbarten Orten, z. B. in Böhmen.

Nach dieser Zeit stand Deutschland mit den Alpen, mit dem granitischen Plateau des südlichen Frankreichs, und da auch das große Pariser Becken bereits entleert worden war, mit den primären Bildungen der Bretagne und Normandie in unmittelbarer Verbindung. Die zusammenhängende Ländermasse des mittleren Europas war in ihren Hauptzügen vorgebildet, nur die große deutsche Ebene nördlich von den alten, kurz zuvor erwähnten Küsten lag noch unter dem Wasser. Ein beträchtliches Binnen-

meer erfüllte dieses Becken zwischen dem Kjölengebirge, dem Ural, dem Kaukasus, den Karpathen und der Nordküste des alten Deutschlands; es ließ den hier umherfluthenden Gletschern der schwedischen wie finnischen Berge einen weiten Spielraum zum Transport ihrer aufgelagerten Felsstücke frei. Derselbe scheint Jahrhunderte hindurch in ungestörter Ruhe fortgeschritten zu sein, denn die Menge der abgesetzten erratischen Blöcke ist ungeheuer. Damals war es, als Elephanten, Hyänen, Löwen, Affen, überhaupt größere Säugethiere in Menge das jetzige mittlere Deutschland bewohnten, damals noch wuchsen Tulpenbäume und Ahorne neben Linden und Kastanien in unseren Wäldern. Die Katastrophe, welche diese Geschöpfe begrub, und deren Ursache vielleicht im Durchbruch des großen vulkanischen Gebietes der Kordillerenkette bestand, befreite Rußland mit der norddeutschen Ebene vom Wasser, und gab unseren Gauen ihre heutigen Begrenzungen gegen das Meer. Den Rücktritt dieses Wassers würden wir als die letzte große Niveauveränderung an der Erdoberfläche zu betrachten haben, und nach hergebrachter Weise Diluvium nennen müssen. Die Sand-, Thon-, Lehm- und Geröllmassen, welche auf dem damals vom Wasser befreiten Boden zurückblieben, sind dieselben Schichten, auf denen wir gegenwärtig noch wandeln, nachdem zahlreiche Organisationen sie mit ihren Resten oberflächlich als Dammerde bekleidet, und mannigfache Süßwasserströme als neuere Flußbetten sie durchfurcht haben. Was die letzteren abwuschen und anderswo ansetzten, was das Meer herbeispülte, was heftige Regengüsse entführten, was hie und da noch abgeschlossene Wasserbecken bei ihrem Durchbruche mit sich fortrissen, das alles gab zu den mannigfachen localen Niederschlägen Veranlassung, in denen wir die Reste gegenwärtig lebender Geschöpfe neben einzelnen untergegangenen antreffen, deren Fluthen wir als Ursache der Anspülungen oder Alluvionen (S. 249) betrachten. Sie sind Produkte einer geschichtlichen Zeit, oder stammen wenigstens aus einer Periode, wo die heutigen Zonenunterschiede mit allen ihren Eigenthümlichkeiten und den dadurch bewirkten Organisationsverhältnissen in unseren Gegenden vorhanden waren. —

Diese Organisation, wie unterscheidet sie sich denn eigentlich von der früheren? — ist sie eine durchaus neue und selbstständige, oder ist sie eine mit allen früheren in der Grundlage übereinstimmende, von ihnen nur relativ verschiedene? — Die Antwort hierauf sei unsere Schlußbetrachtung der Vorwelt. —

Sie unterscheidet sich von ihr nur dem Grade nach, nicht in der Idee oder in der Anlage! — Dies ist der wichtige Satz, welcher die Gleichheit des Planes in der Schöpfung von Anfang an darthut, und ein strenges Grundgesetz auch in der organischen Mannigfaltigkeit uns nachweist. Bleiben wir in der Untersuchung, woraus wir jenen Satz ableiten, beim Thierreiche, als dem besser erforschten Theile der untergegangenen Organisation stehen, so läßt sich zwar ein allmäliger Fortschritt unter den Wirbelthieren

nicht verkennen, allein ich bin sehr geneigt, denselben ganz auf Rechnung der veränderten äußeren Verhältnisse zu schieben, welche die Erdoberfläche in ihren auf einander folgenden Perioden den Geschöpfen darbot. Schon in den ältesten Schichten, den paläozoischen, wohin Murchison jetzt auch das ganze Permsche System oder die Zechsteinformation als oberstes Glied rechnen will, finden sich sämmtliche Thierformen bis zu den Amphibien. Zwar sind die letzteren nur in ein Paar Mustern bekannt, allein ihre Anwesenheit beweist, daß der Plan zu den Amphibien bereits da war; denn wie hätten sonst diese wenigen existiren können. Sowohl sie, als auch alle übrigen Thiere, lassen sich in den heutigen Hauptgruppen unterbringen, und das einzige Abweichende, was man an manchen derselben wahrnimmt, besteht in der Verschmelzung gewisser Charaktere, die gegenwärtig nicht mehr zusammen an einer Form, sondern als wesentliche Unterschiede bei verschiedenen Arten vorkommen. Diese Bemerkung gilt aber nur von denjenigen Gruppen, welche damals eine ganze heutige Klasse repräsentirten, wie z. B. von den Trilobiten, als den einzigen Repräsentanten der Krebse; sobald die Artenmenge sehr groß ist, fehlt es nicht mehr an Vertretern aller heutigen höheren Abtheilungen in einer und derselben Klasse; ja selbst mehr Formen als jetzt, finden sich schon damals, z. B. unter den Crinoideen. Die nähere Betrachtung der secundären Formationen gewährt nur eine weitere Ausführung unserer Ansicht; die Formenmannigfaltigkeit nimmt in den höheren Abtheilungen zwar zu, je größer die Anzahl der auftretenden Arten wird, aber in den niederen Gruppen, welche nur Wasserbewohner enthalten, namentlich bei den Crinoideen und Cephalopoden, sogar ab; — sie schließt sich also dem noch jetzt herrschenden Organisationscharakter um so mehr an, je mehr auch die äußeren Verhältnisse der Erdoberfläche den heutigen nahe kommen. Nur die damaligen Amphibien scheinen nicht in die jetzige Formenreihe zu passen, und allerdings lassen sich weder die Labyrinthodonten (S. 426) der Trias, noch die Enaliosaurier und Pterodactylen (S. 433 ff.) der Oolithe, oder die Megalosaurier der Wäldergruppe (S. 448) in lebenden Amphibiengattungen wieder erkennen; allein ich habe schon früher (S. 433) nachgewiesen, daß diese abweichenden Gestalten, gegenwärtig nicht unter den Amphibien, sondern unter den Säugethieren als Walfische, Pachydermen und Fledermäuse sich wiederfinden, mithin deutlich das Bestreben der Natur verrathen, alle heutigen Formen, sobald es nur irgend thunlich war, auch in der Vorwelt darzustellen. Mit den tertiären Formationen und der Diluvialzeit war diese Möglichkeit fast in derselben Weise, wie gegenwärtig, gegeben; nur der Mensch fehlte noch aus Gründen, die ebenfalls in der Terrainbeschaffenheit zu suchen sein werden. Die Organisation zeigt uns also einen Fortschritt, eine zunehmende Entwickelung, welche mit der Ausbildung der Erdoberfläche in Harmonie steht; aber eigentlich mehr von ihr abhängig zu sein scheint, als von einer bestimmten Absicht ausgegangen

sein dürfte. Absicht oder vielmehr richtiger unabweisliche Nothwendigkeit, die wir von der kurzsichtigen menschlichen Befangenheit als höchste Weisheit und Zweckmäßigkeit zu bewundern angehalten werden, war es vielmehr, sogleich alles das auf der Erdoberfläche an Organismen darzustellen, was der dem Erdkörper immanenten Natur nach ihm überhaupt an organischen Bewohnern zukommt, und noch jetzt seinen besonderen Charakter als Weltkörper mit ausmacht. —

In ähnlicher Weise ist die riesenmäßige Größe der ältesten oder überhaupt der früheren Geschöpfe mißdeutet worden. Nie hat es größere Organismen auf der Erdoberfläche gegeben, als es gegenwärtig noch giebt; die Gruppen, in denen sie auftreten, sind nur andere, als gegenwärtig, und darin liegt das Ueberraschende ihrer Erscheinung. Zwar ist es richtig, daß die ältesten Schachtelhalme, die Calamiten, Riesen gegen die heutigen Arten von Equisetum sind, aber größer als heutige Schilfrohrstengel, als Bambusen oder Saccharum-Arten, waren sie nicht. Auch die damaligen Palmen, die Coniferen, die Laubhölzer überschreiten weder im Ganzen, noch im Einzelnen die Größenverhältnisse ihrer heutigen Verwandten. Alle Polypen, alle Radiaten kommen den jetzt lebenden Formen an Größe nahe, und wenn es gleich gegenwärtig nicht mehr Cephalopodenschaalen giebt, welche die Größe eines Wagenrades erreichen, so giebt es dafür Muscheln, die denselben Durchmesser besitzen (Tridacna). Und so große Individuen sind aus der Vorwelt noch nicht bekannt geworden. Ganz so, wie jetzt, verhalten sich die vorweltlichen Krebse, Spinnen und Insekten; keine bekannte Art übertrifft ihre lebenden Verwandten auffallend an Größe. Auch die Fische bewegen sich nur innerhalb der heutigen Dimensionen, höchstens mögen einige Haifische aus der tertiären Zeit größer gewesen sein als die größten lebenden Menschenfresser (Squalus Carcharias Lamia). Dagegen gehen die vorweltlichen Amphibien allerdings etwas über die größten lebenden Krokodile hinaus, allein das angeblich so riesenmäßige Iguanodon ist, wie wir jetzt wissen, noch lange nicht so groß wie ein Walfisch gewesen, und die größten Enaliosaurier bleiben hinter diesem ihrem lebenden Nachbilde bei weitem zurück. Vollkommen dasselbe gilt von den tertiären Vögeln und Säugethieren, kein Wasserbewohner übertrifft den Walfisch, kein Landbewohner den Strauß oder die alten ausgewachsenen Elephanten an Größe. Zwar ist das Mastodon (S. 471) etwas länger als der asiatische Elephant, aber nicht höher; obgleich seine Gesammtmasse größer gewesen sein mag, als die lebender Elephanten. Bedeutend ist jedoch der Unterschied nicht. Ueberhaupt kann man annehmen, daß, wenn auch im Einzelnen gewisse Thiere, z. B. manche Hirsche, die Hyänen, Bären, und vor allen die Edentaten (S. 480) mehr Umfang hatten, als ihre heutigen analogen Arten, darum doch nicht die ganze organische Schöpfung einen riesenmäßigeren Charakter besaß, vielmehr die größere Masse Einzelner in der Vorwelt durch eine größere Menge von Arten in der Gegenwart,

woran das zahlreiche Menschengeschlecht seinen wesentlichen Antheil nimmt, wieder ausgeglichen wird. — Auch hierin zeigt es sich, daß der Plan für die Organismen zu allen Zeiten derselbe war, und daß im Großen wie im Kleinen die belebte Natur unseres Erdkörpers nie über die fest bestimmten Grenzen hinausgegangen ist, in deren Kreise sie sich noch jetzt bewegt. Denn nicht bloß am Firmamente rollen die Weltkörper in ihren Bahnen nach ewigen Gesetzen dahin, auch in den kleineren Theilen auf der Oberfläche des einzelnen Planeten herrscht unabänderliche Gesetzmäßigkeit, welche der tiefer eindringende Blick vorurtheilsfreier Forscher als die einzig mögliche, sich selbst bestimmende Nothwendigkeit erkannt hat. Störungen der verschiedensten Art, hervorgegangen aus dem Bestreben jedwedes Einzelnen, seine Selbstständigkeit nach Kräften geltend zu machen, ändern zwar den Gesammtausdruck des Gesetzes mannigfach ab, allein nie heben sie es ganz auf; sie lassen nur theilweise Ausnahmen zu und bewirken dadurch jene große, ja man darf sagen grenzenlose Mannigfaltigkeit, deren die Natur in ihren Productionen fähig ist. Das einfachste Mittel, Schonung der Individualität, so weit ihre Widerstandskraft es fordert, ist die Ursache derselben. Vom Widerstande gehalten, sichert sich der Einzelne nicht bloß seine eigene Existenz im Reiche der Wesen, sondern er übt auch durch ihn den Einfluß auf das Ganze aus, der uns als die Modification des Gesetzes entgegentritt. Nur wenn dazu ihm die erforderliche Kraft fehlt, geht er unter; sobald er sie besitzt, ist sein Dasein ein bleibendes, ein nothwendiges, das den Zufall überdauert. —

28.

Der Mensch, das jüngste Geschöpf der Erde.

Durch die früheren Betrachtungen allmälig bis zu demjenigen Zeitpunkte der organischen Entwickelung vorgeschritten, welcher das Entstehen der ersten Menschen in sich faßt, befinden wir uns jetzt an der Schwelle der Gegenwart, und wagen es, auch hier den Schleier zu lüften, der beide Schöpfungsperioden trennt, indem wir, mit wissenschaftlichen Erfahrungen ausgerüstet, die Erscheinungen und Traditionen zugleich prüfen und gegen einander halten. —

Gab es denn wirklich vor der heutigen Organisationsepoche keine Menschen auf der Erde? — Diese wichtige Frage müssen wir zuerst beantworten [1]), und können sie sofort entschieden verneinen. Denn zwischen all

1) Manche Leser erwarten vielleicht eine Untersuchung über das Wie des Ursprunges der ersten Menschen, eine wahre Entstehungsgeschichte derselben; — allein

den zahlreichen Thierknochen, welche die tertiären Schichten erfüllen, hat man niemals menschliche Gebeine angetroffen, niemals Spuren menschlicher Kunstprodukte; die doch sicher damals, wie jetzt, die rohesten Nationen hervorzubringen im Stande waren, wenn sie den heutigen Menschen gleichkamen. Es fehlt zwar nicht an Angaben fossiler Menschengebeine in älterer wie neuerer Zeit, und mehrmals haben wir im Verlauf unserer Betrachtungen solcher Findlinge gedenken können; allein immer wiesen wir zugleich den Irrthum nach, welcher zur Annahme fossiler menschlicher Knochen oder präadamitischer Kunstprodukte veranlaßt hatte. Dasselbe werden wir bei allen späteren Angaben über fossile Menschengebeine, deren einige bis in die allerjüngste Zeit hinauf reichen, vermögen; überall hat sich eine genauere sorgfältige Untersuchung bestimmt überzeugt, daß die Knochen entweder keinem Menschen angehörten, oder wenn es der Fall war, sie später an ihre Lagerstätte zwischen präadamitische Thiergebeine gelangten und entschieden aus einer jüngeren Epoche herstammen. So verhielt es sich namentlich mit den angeblich fossilen Menschenknochen, die bei Köstritz unter Ueberresten von fossilen Elephanten, Nashörnern ꝛc. gefunden wurden; sie lagen in Spalten eines Gypsbruches, welche mit Lehm ausgefüllt waren, und wurden ohne Zweifel, wie diese fossilen Thiergebeine, auf früheren ursprünglichen Lagerstätten losgespült, und an ihren späteren Fundort durch Strömungen nach heftigen Regengüssen versetzt. Unter ähnlichen Verhältnissen fand man Menschenknochen bei Nizza in den dortigen Knochenbreccien, und hielt sie anfangs für fossile. Von den fossilen Menschen auf Guadaloupe, deren Lagerstätte als ein Begräbnißplatz caraibischer Völkerschaften aus historischer Zeit erkannt wurde, war schon (S. 36) die Rede; den für einen Menschen gehaltenen Salamander Scheuchzer's haben wir noch kürzlich (S. 459) wieder besprochen. So bleiben uns nur einige sehr neue Angaben zu erörtern, wie z. B. der Fund bei Lüttich, wo man zwischen fossilen Knochen einen Menschenschädel entdeckte. Buckland, der ihn sorgfältig untersuchte, hält ihn jedoch für jünger als die fossilen Knochen, und für eine spätere zufällige Beimengung. Auch die Menschengebeine in den Knochenhöhlen der Auvergne, welche man zwischen Thonscherben und fossilen Thiergebeinen antrifft, zeigen auf einen historischen Ursprung hin, und lassen jene Höhlen als frühere Wohnsitze der ältesten gallischen Völkerschaften erscheinen, die hier fossile Gebeine, wer weiß zu welchem Zwecke, ausgruben und mit den Gebeinen ihrer eigenen Vorfahren vermischten. Ganz ähnlichen Ursprungs scheinen die Menschenknochen zu sein, welche in den südamerikanischen Knochenhöhlen von Lund gefunden

---

die Wissenschaft vermag es nicht, eine solche Geschichte anders als in den allgemeinen, Seite 289 bereits angedeuteten Zügen zu schreiben; — sie kann keine beglaubigten Thatsachen über dieses Thema vorbringen, und da ich nur solche meinem Leser verheißen hatte, so muß ich ihn mit jenen früheren Andeutungen für diesmal zufrieden zu stellen suchen.

wurden; oder die zur Zeit ihrer Entdeckung so großes Aufsehen erregenden Knochen aus der Höhle bei Erpfingen an der schwäbischen Alp. Noch viel jünger sind zwei ganze Menschenskelette, die man am Ufer der Vendée bei St. Michel en Lherm in einer Austernbank entdeckte und anfänglich für präadamitische hielt. Genaue Untersuchungen aber erkannten darin zwei sorgfältig Begrabene, deren Bestattungszeit sicher nicht früher fällt, als der Ursprung der Austernbank, die sie nun zum Theil umschließt. Was es dagegen für ein Bewandniß habe mit den Menschenfährten, die man auf normalen Schichten in Nordamerika bei Athens-Georgia auffand, steht zur Zeit noch dahin; doch scheint die Annahme einiger Augenzeugen, daß es künstliche Fabrikate aus späterer Zeit seien, um so mehr Glauben zu verdienen, als die Spuren sperrig gestellte Zehen besitzen und um ein Achtel größer sein sollen, als die der jetzigen Indianer [2]).

Nach solchen Zeugnissen hat der forschende Geognost wohl Ursache, die Existenz präadamitischer Menschen zu verneinen [3]) und die Sage von der Sündfluth für eine dichterische Ausschmückung einzelner, noch in die historische Zeit fallender großer Ueberschwemmungen zu erklären, wenn er ihr überhaupt irgend eine faktische Bedeutung zuschreiben will.

Wir wenden uns, nach Beseitigung dieses Problems, zur Lösung einer schwierigeren Untersuchung, die gleichfalls in der jüdischen Schöpfungssage ihre Hauptstütze findet, allein nicht mit so leicht nachweisbaren Thatsachen widerlegt werden kann. Jene Sage berichtet uns, daß die Menschen der Erde von Einem Paare abstammen, und daß Eva' die Mutter aller Sterblichen, aus einer Rippe Adams, des Mannes, gebildet sei. Dieser letztere Zusatz ist gewiß nicht wörtlich zu nehmen, vielleicht nicht einmal im Sinne des Dichters selbst, und scheint überhaupt keine allgemeine Ansicht des Volkes gewesen zu sein, da er erst an einer späteren Stelle (Mosis I, 2. 21) vorkommt, nachdem schon früher (1, 1. 27) die gleichzeitige Erschaffung von Mann und Weib gelehrt worden ist. Schon deshalb brauchen wir ihn nicht weiter zu berücksichtigen. Was aber die Entstehung aller Menschen von Einem Paare überhaupt anbetrifft, so läßt sich diese Lehre, bei wissenschaftlicher Erörterung, nur durch die eine Thatsache unterstützen, daß alle Nationen der Erde zu einer und derselben Art (species) im naturhistorischen Sinne gehören, und ihre Unterschiede lediglich als Varietätencharaktere angesehen werden können, obgleich dieselben grell genug sind.

2) Man weiß jetzt, daß die herumziehenden Indianerstämme solche Fußspuren in Felsenwände und harte Straten einhieben, um dadurch ihren Nachfolgern ihre Anwesenheit und die Richtung ihres Abzuges zu bezeichnen; sie finden sich, sowohl paarig als schrittförmig gestellt, an mehreren Orten des Innern Nordamerikas.

3) In jüngster Zeit hat man wieder vielfach von fossilen Menschengebeinen geredet, ohne ihr Alter mit Sicherheit feststellen zu können; das gilt namentlich auch von den Menschenzähnen, welche man im Bohnerz der Schwäbischen Alp mit miocenen Knochen gefunden hat. Hallische Zeitschr. f. d. ges. Naturw. I. 2. 122.

Solche Unterschiede ist man geneigt, auf Rechnung verschiedener klimatischer Verhältnisse zu schieben, denen dieselbe Art im Laufe der Zeiten ausgesetzt wurde, und will nun auch daraus die mannigfachen Abweichungen der Nationen von einander herleiten. Bis dahin hat diese Betrachtung ihre völlige Richtigkeit in sich, allein sie begeht einen Irrthum, indem sie das an Thieren Beobachtete auf den Menschen überträgt. Denn die Hausthierrassen, welche einem besonderen Klima oder Boden eigenthümlich sind, arten bald wieder aus, wenn sie in andere Heimathsorte übergeführt werden; der schöne Bergstier der Alpen behält nur hier seinen eigenthümlichen Charakter; das großhornige Rind Ungarns verändert sich, wenn es die grasreichen Weiden seiner Heimath verläßt; die feinwolligen spanischen Schafe kehren nach und nach in die gröbere Stammart zurück, wenn sie nicht durch neue Ankömmlinge mit ihrer ursprünglichen Reinheit von Zeit zu Zeit wieder aufgefrischt werden. Indessen behält selbst die ausartende Rasse eine gewisse Eigenthümlichkeit auf dem neuen Boden, und nimmt keineswegs ganz den Charakter der hier ursprünglich wohnenden Stammrasse an. Anders aber verhält sich das Menschengeschlecht; denn es artet der nationale Typus nicht aus, wenn er aus der Stammheimath in eine andere Gegend übergeführt wird, sondern behauptet daselbst um so bestimmter seine Eigenschaften, je markirter sie an den Stammältern hervortreten; welches letztere Verhalten schon früher auch von den Thieren nachgewiesen wurde. Wenn also in der Zeit unserer historischen Wahrnehmungen noch nie ein Jude mit markirter Individualität den Typus eines ächten Deutschen angenommen hat, so lange er auch Deutschland bewohnte, vorausgesetzt, daß er reinen jüdischen Stammes blieb; wenn ferner niemals Europäer, die nach Afrika oder Amerika auswanderten, dort im Lauf von Jahrhunderten zu Negern oder Caraiben wurden; warum sollten die Nachkommen Adams, die doch sicher einen gewissen eigenthümlichen Familientypus besitzen mußten, sich zu Negern, Papuas, Caraiben, Malayen oder Mongolen umgeändert haben? Ein Grund dafür kann nicht nachgewiesen werden, und deshalb bestreiten wir die Richtigkeit der Annahme. Nimmt man dagegen mehrere Autochthonen an verschiedenen Stellen der Erde an, denen allen eine gleiche typische Idee zum Grunde lag, was der spezifischen Uebereinstimmung wegen gewiß der Fall war, so stoßen wir durchaus nicht auf irgend eine Schwierigkeit bei der Erklärung der wahrnehmbaren Unterschiede. Denn wir sahen bereits, daß ein großer Theil aller äußeren Differenzen auf Rechnung der Einwirkungen von außen her geschrieben werden müsse, denen die Geschöpfe zur Zeit ihrer ersten Entstehung ausgesetzt waren, und werden uns nicht wundern können, daß der Mensch demselben Gesetz in seiner äußern Erscheinung unterliegt, wenn gleich sein Bau keine begriffsmäßige, d. h. typische Differenz mehr in sich verstattet, da mit einer solchen die Artidentität unverträglich ist. Es haben daher alle Menschen gleich viele Theile, gleich viele Zähne, Zehen, Knochen, Wirbel, stimmen auch in den relativen

Verhältnissen derselben unter einander, wenigstens in den Hauptsachen, überein, unterscheiden sich aber eben so mannigfach in Farbe, Größe, Bau des Gesichtes, der Extremitäten und der Haare, wie es nur bei den verschiedensten Rassen der Hausthiere der Fall sein kann. Indem man diese beiden, freilich manche Aehnlichkeiten darbietenden, Erscheinungen mit einander verglich, und für die Hausthiere zu der Erkenntniß gelangte, daß allerdings ihre Varietäten späteren Ursprungs seien, so glaubte man dasselbe auch vom Menschengeschlecht annehmen zu dürfen, und jene Abweichungen der Völkerschaften für im Laufe der Zeiten entstandene Modificationen einer Urform halten zu müssen; welchen Schluß aber die thatsächliche Beharrlichkeit der nationalen Unterschiede nicht erlaubt. Wie gesetzlos übrigens die Varietäten der Hausthiere auch erscheinen mögen, dennoch unterliegen sie gewissen Bestimmungen, und können bei einiger Umsicht wohl aus den Grundursachen hergeleitet werden. Am einleuchtendsten läßt sich dies von der Farbe zeigen, weshalb ich bei ihr allein verweilen will. Sie ist nämlich in ihrem mannigfaltigen Wechsel bei Hausthieren nichts als eine Auflösung der Mischung mehrerer einfacher Grundtöne, aus denen die Farben fast aller im wilden Zustande lebender Geschöpfe bestehen. Bei den Säugethieren, auf welche ich allein näher eingehe, ist in der Regel jedes einzelne Haar an seinen verschiedenen Stellen mit den verschiedenen Farben gezeichnet, erscheint daher absatzweise hell und dunkel; weiß und schwarz, wenn das Thier grau ist; braun und gelb, wenn es eine graue Olivenfarbe hat; endlich selbst schwarz, weiß und gelb oder noch mehrfarbiger. Diese Mischung ist namentlich die Grundfarbe der wilden Katzen, und kommt eben so noch bei allen zahmen von gelbgrauem Grunde mit schwarzbraunen Streifen vor; allein sehr viele Individuen sind theils ganz schwarz geworden, theils ganz weiß, theils ganz gelb; andere endlich gefleckt, bald zweifarbig, bald dreifarbig. Von letzterer Spielart, die überhaupt nicht sehr häufig ist, wird behauptet, daß sie bloß den Kätzinnen zukomme, nie den Katern; gewiß mit Unrecht, wie auch mehrere Beispiele zeigen; allein ganz ohne Grund ist das Gerede nicht, denn überall artet das weibliche Geschlecht früher und leichter aus, als das männliche, und daher werden weibliche Katzen in der ausgeartetsten Färbung häufiger vorkommen, als männliche. — Nie producirt nun ein Hausthier eine andere Farbe, als eine solche, die in der Mischung seines wilden Farbenkleides liegt, und je vorherrschender der eine oder der andere von den Mischungstheilen ist, desto schneller und bestimmter tritt er als Hauptfarbe der Varietäten hervor. Hat er einmal dann bei diesem oder jenem Individuum sich geltend gemacht, so behauptet er sich ferner; und so kommt es, daß gewisse Spielarten nur diese Färbung annehmen, bei anderen dagegen eine zweite Grundfarbe die herrschende wird. —

Nach solchen Thatsachen sind wir also berechtigt, die Möglichkeit, daß alle Menschen von einem einzigen Paare abstammen, zu bestreiten; wir sehen uns vielmehr durch die großen Verschiedenheiten der Nationen unter

einander genöthigt, die ursprüngliche Entstehung mehrerer Menschenpaare zu behaupten. Wir können die Richtigkeit dieser Ansicht allein schon durch die bloße Betrachtung der Farbe bei den verschiedenen Nationen darthun. Sollten nämlich alle Nationen von einem Paare abstammen, so müßten sämmtliche Farbennüancen aus Einem Grundton sich herleiten lassen, was meiner Meinung nach unmöglich ist. Wäre auch wirklich das Schwarz des Negers ein verbranntes Weiß vom Europäer, und läge das Gelbe des Mongolen in der Mitte, so würde doch die kupferrothe Farbe des Amerikaners nicht in diese Skala passen. Man würde mit Recht fragen können, warum sind die Neuholländer und Papuas schwarz geworden, während doch die der Linie näheren Bewohner der Gesellschafts- und Freundschaftsinseln gelbbraun blieben; man würde ferner beantworten müssen, warum in Amerika alle Nationen von der Baffinsbai bis zum Feuerlande eine im Grundton gleiche, rothbraune Farbe annahmen, während auf der östlichen Halbkugel bald weiße, bald gelbe, bald braune, bald schwarze Nationen oft ganz dicht neben einander wohnen [4]). Man würde also immer auf neue Unbegreiflichkeiten stoßen, weil man von einem unbegreiflichen Grundsatze ausging. — Ueberhaupt stellt sich den wissenschaftlich geläuterten Blicken eines vorurtheilsfreien Forschers die ganze Lehre in einem so ungünstigen Lichte dar, daß er getrost annehmen kann, kein ruhiger Beobachter würde jemals auf den Gedanken gekommen sein, alle Menschen von einem Paare abzuleiten, wenn nicht die mosaische Schöpfungsgeschichte es gelehrt hätte [5]). Ihr zur Liebe und um die Autorität der heiligen Schrift auch auf solchen Gebieten zu bewähren, für welche sie ihrem ganzen Wesen nach nicht als normirend angesehen werden kann; auf die sie auch keinen bestimmenden Einfluß mehr ausübt, seit der Mensch seinen eigenen, eben so mühsam erworbenen, wie wohl geprüften, wissenschaftlichen Erfahrungen gefolgt ist; — hat eine Anzahl größtentheils nicht sattsam mit den Ergebnissen der Naturwissenschaft bekannter Forscher sich veranlaßt gesehen, den alttesta-

4) Diese allbekannte Thatsache ist um so wichtiger, als sie in ähnlicher Weise auch im Thierreiche wiederkehrt, mithin beweist, daß der menschliche Organismus bei seiner Entstehung denselben Gesetzen, wie der thierische, unterlag. Amerikanische Thierformen verbreiten sich eben so allgemein durch den ganzen Welttheil, wie die amerikanische Menschenrasse; während auf der östlichen Halbkugel die Thierwelt mannigfaltiger und eigenthümlicher abweichend erscheint. Auf gleiche Weise geht hier der Mensch in eine größere Anzahl von Stammrassen mit zahlreichen nationalen Modificationen aus einander.

5) Ausführlicher habe ich die Glaubwürdigkeit des Mythus in einer Anzeige von Schriften verwandten Inhalts untersucht, welche in der Allgem. Lit.-Zeit. Jahrg. 1841. I. S. 1171 und 1180 enthalten ist. — Sehr beachtenswerth ist übrigens auch, was W. von Humboldt über den Urzustand des Menschengeschlechts gesagt hat; vergl. A. von Humboldt's Kosmos I. S. 381. — Selbst Morton, der die Glaubwürdigkeit der Bibel nicht antasten will, gelangt doch zu dem Resultate, „daß die Rassen gleichzeitig mit der ursprünglichen Zerstreuung unserer Species existirten.“ Froriep's neue Notizen. Bd. 34. S. 181.

mentlichen Mythus zu vertheidigen, und eine darauf gebaute wissenschaftliche Ansicht vertreten, die sich bei näherem Eingehen auf dieselbe durchaus nicht halten läßt. Glauben kann man jene Angabe wohl, aber freilich nicht begreifen oder wissenschaftlich begründen, wie sehr auch ihre Vertheidiger, deren Anzahl sich wieder zu mehren scheint, seitdem die Wissenschaft das Dogma, als gleichgültig, fallen gelassen hat, mit Versuchen aller Art sich abmühen. Denn welche Wunder, welche seltenen Fügungen des Schicksals gehörten dazu, innerhalb eines Zeitraumes von 4000 Jahren 1000,000,000 Menschen von einem einzigen Punkte aus, der noch dazu nur ein einzelnes Paar trug[6]), bevölkern zu lassen; welche Mittel hatten diese Wanderer zur Ueberfahrt nach fernen Inseln, zur Verknüpfung so entfernter Punkte, wie das eine große Festland Amerikas sie fordert? Warum blieben sie nicht hier in den üppigen, gesegneten Fluren der Tropenzone bei einander? warum zogen sie es vor, sich in die eisigen Regionen der Polarländer zu begeben? — Wo, wenn wir auf die Stimme des Fleisches, wie sie der Leib uns zuruft, nicht hören wollen, wo war der Grund zu einer so vielfach verschiedenen, in den Grundelementen zum Theil heterogenen Sprachentwickelung gegeben? worin lag die Ursache, daß eine Nation, die doch früher mit ihren Stammältern dieselbe Sprache redete, später eine ganz andere annahm? — Zeigt uns nicht die Geschichte eine innige tiefe Sprachverwandtschaft zwischen Nationen, die nun fern von einander wohnend ursprünglich in naher Beziehung standen; während andere, die noch jetzt nahe neben einander leben, eine völlig verschiedene Zunge reden? — Diese geistige Differenz ist aber entschieden von eben so großer Bedeutung, wie die fleischliche, ja sie ist in der Regel noch greller, wie bald eine Vergleichung zwischen Chinesen und Hindus darthut. Sie wird übrigens selbst ein naturgeschichtliches Element, wenn sie zeigt, daß die überall gleichfarbigen Amerikaner auch alle einem einzigen Sprachstamme angehören, und die große Differenz der Gesittung, welche zwischen den verschiedenen amerikanischen Nationen bei Entdeckung ihrer Heimath gefunden wurde, keineswegs, wie auf der östlichen Halbkugel, mit nationalen Differenzen, die durch Habitus und Sprachverschiedenheit unterstützt werden, innig verbunden ist. Denn nie hat sich die höhere geistige Entwickelung in anderen als indogermanischen Stämmen auf der östlichen Erdhälfte dauernd bewegen können, und wie diese Nationen hier seit den ältesten Zeiten die Träger der Kultur gewesen sind, so scheinen sie es auch ferner bleiben zu sollen, seit sie das einzige höher entwickelte Lebenselement der semitischen Völker, die tiefere Religiosität, in sich aufgenommen haben. An dem Mangel dieser Seite ging Griechen-

6) Die drei Söhne Noah's, von denen nach der Sündfluth die Erneuerung des Menschengeschlechtes ausgegangen sein soll, müssen aus dem Spiele bleiben; indem eine Sündfluth im Sinne der Bibel geologisch nicht nachweisbar ist.

land, ging Rom zu Grunde, und Germaniens Söhne waren auserkoren, den seltenen Verein von griechischer Genialität mit jüdischer Religiosität als den Kern der neueren Zeit und deren Samen zu allen nachfolgenden, lebendigen Völkern über den Erdball zu verbreiten. Das Licht, welches dieser neue Stern ausstrahlt, wird ein verheerendes Feuer für alle Nationen werden, die gleich Pilzen im feuchten Schatten der Wälder gedeihen wollen; es wird sie versengen und demnächst ganz vernichten.

Kommen wir nun zur nähern Betrachtung der körperlichen Verschiedenheiten des Menschengeschlechts, und untersuchen zunächst die Größe seines ganzen Leibes in ihren mannigfachen Unterschieden, so finden wir durchaus keine so auffallenden Verschiedenheiten, wie alte Fabeln sie berichten, oder der Vergleich mit Hausthierrassen sie wahrscheinlich macht. Allerdings sind die nordischen Nationen im Ganzen kleiner, als die der gemäßigten und warmen Zone, allein wahre Zwergnationen, wie Liliputaner, giebt es nicht. Fünf Fuß, eine Höhe, die von vielen Individuen europäischer Nationen nicht überschritten wird, ist das Minimum, worunter nicht leicht eine ganze Nation zu fallen pflegt, während auf der andern Seite sechs Fuß Höhe das Maximum zu sein scheint, worüber schwerlich ganze Nationen hinausgehen, obgleich es überall einzelne größere Individuen giebt. Zwischen beiden Grenzen schwankt also die normale Größe des menschlichen Körpers, sie scheint beim Weibe auf 5′ 3″ bestimmt zu sein, beim Manne 5′ 6″ zu betragen. Indeß erreichen die meisten Frauen gebildeter Nationen diese Höhe nicht mehr, und selbst viele Männer bleiben hinter ihrem Normalmaße zurück [7]).

Am nächsten steht die Hagerkeit mit der Größe in Verbindung und scheint von ihr theilweis abhängig zu sein. Denn Nationen kleiner Statur sind im Ganzen solider, fettreicher gebaut, als die großen, und bei letzteren pflegt, wenn sie keinen wirklich hageren Typus haben, die Muskulatur die Fettmasse zu überwiegen. Indeß wirkt auf keinen Theil des Körpers mehr, als auf das Fett, die Lebensweise oder das Klima, was selbst bei wilden Nationen nicht außer Acht gelassen werden darf. Kalte Zonen scheinen im Ganzen bei reichlicher Nahrung das Fettwerden zu begünstigen; wärme und gar heiße die Fettentwickelung zu hemmen. Offenbar trägt die in solchen Klimaten vermehrte Ausdünstung, die geringere leichtere Kost und die leichtere Bekleidung viel zur Austrocknung des Körpers bei, und bewirkt nicht bloß einen schlankeren, sondern auch einen zierlicheren Körperbau, der namentlich bei den Südseeinsulanern augenfällig ist; während die robuster gebauten Neger doch fast unter demselben Himmelsstrich wohnen, aber frei-

---

7) Eine interessante Vergleichung der Maße des Körpers verschiedener Nationen von G. Schultz siehe in Froriep's neuen Notizen Bd. 35. S. 164, und eine ähnliche Arbeit von Blüt, über die französische Nation, ebendaselbst Bd. 30. S. 51.

lich eine ganz andere Lebensweise führen. In der kalten Zone ist aber das Fett sehr nützlich, weil es ein schlechter Wärmeleiter ist, und gegen die Einwirkung der Kälte von außen schützt. Aus demselben Grunde schmieren sich alle nordischen Völker mit Fett ein und baden sich nie, während tropische Nationen das Baden als ein wichtiges Bedürfniß ansehen, weil es die Haut rein hält und allen Exsudationen einen ungestörten Fortgang sichert. Ganz allein läßt sich freilich der Unterschied auf solche klimatische Differenzen nicht schieben, und eine primäre nationale Anlage spielt immer dabei eine Rolle mit. Der robuste Körperbau des Negers ist nationaler Charakter, keineswegs bloße Folge von der Lebensweise und den äußeren Umgebungen.

Die auffallendsten Unterschiede der Nationen liegen übrigens weder in der Größe, noch in der Statur, sondern ganz entschieden in der Farbe. Sie hat ihren Sitz theils in den unteren dichter zusammengedrängten Zellenkernen des Epitheliums, theils in einer Lage vieleckiger Zellen, die mit dem körnigen Farbestoff erfüllt sind. Von der Zahl dieser beiden Farbenmittel, der Menge, in welcher sie neben einander liegen, hängt die Intensität im Farbenton ab; er selbst aber ist durch die primäre Verschiedenheit des Pigments bedingt, und kann zwar individuell verstärkt oder geschwächt erscheinen, aber nicht leicht einen anderen als den nationalen Farbenton annehmen. Bei den weißen Nationen fehlen die Farbenzellen oder C h r o m a t o p h o r e n zwar nicht ganz, sie enthalten aber nur stellenweis, wie etwa an den Wangen und einigen andern Körpertheilen, ein wirklich gefärbtes Pigment. Ein solches tritt zuerst bei den gelben Nationen auf, wird dunkler bei den braunen, spielt mehr ins Rothe bei den Amerikanern, und wird endlich mehr oder weniger schwarz bei den Afrikanern und Papuas. Es ist durchaus unabhängig von der Zone, denn die Neger werden schwarz, sie mögen leben wo sie wollen; allein seine Intensität richtet sich, wie die Intensität jeder organischen Farbe, nach der Einwirkung des Sonnenlichts, und nimmt zu, sobald dasselbe sich steigert, sobald seine Strahlen senkrechter auffallen.

Man kann daher allerdings von einem gewissen Verbleichen afrikanischer Individuen in der gemäßigten Zone reden, wenn sie sich mehrere Generationen hindurch unter dem Einfluß schieferer Sonnenstrahlen befunden haben; aber weiß wie die Europäer werden sie nie, sondern sie behalten ihren nationalen Farbenton in einer Intensität, wie ihn das schwächere Licht hervorbringen kann, ungeändert bei. Auf der andern Seite bräunen sich weiße Nationen unter tropischem Sonnenlicht, aber sie werden hier in Afrika weder schwarz, noch in Amerika roth, sondern ihre dunklere Farbe ist ein eigenthümlicher, leicht unterscheidbarer Ton, eine einfache Steigerung der nationalen, unentwickelt gebliebenen Grundfarbe. Eben daher rührt es auch, warum in einer und derselben Nation die Vornehmen und Reichen hellfarbiger erscheinen, als die ärmere Klasse; denn jene setzen sich dem

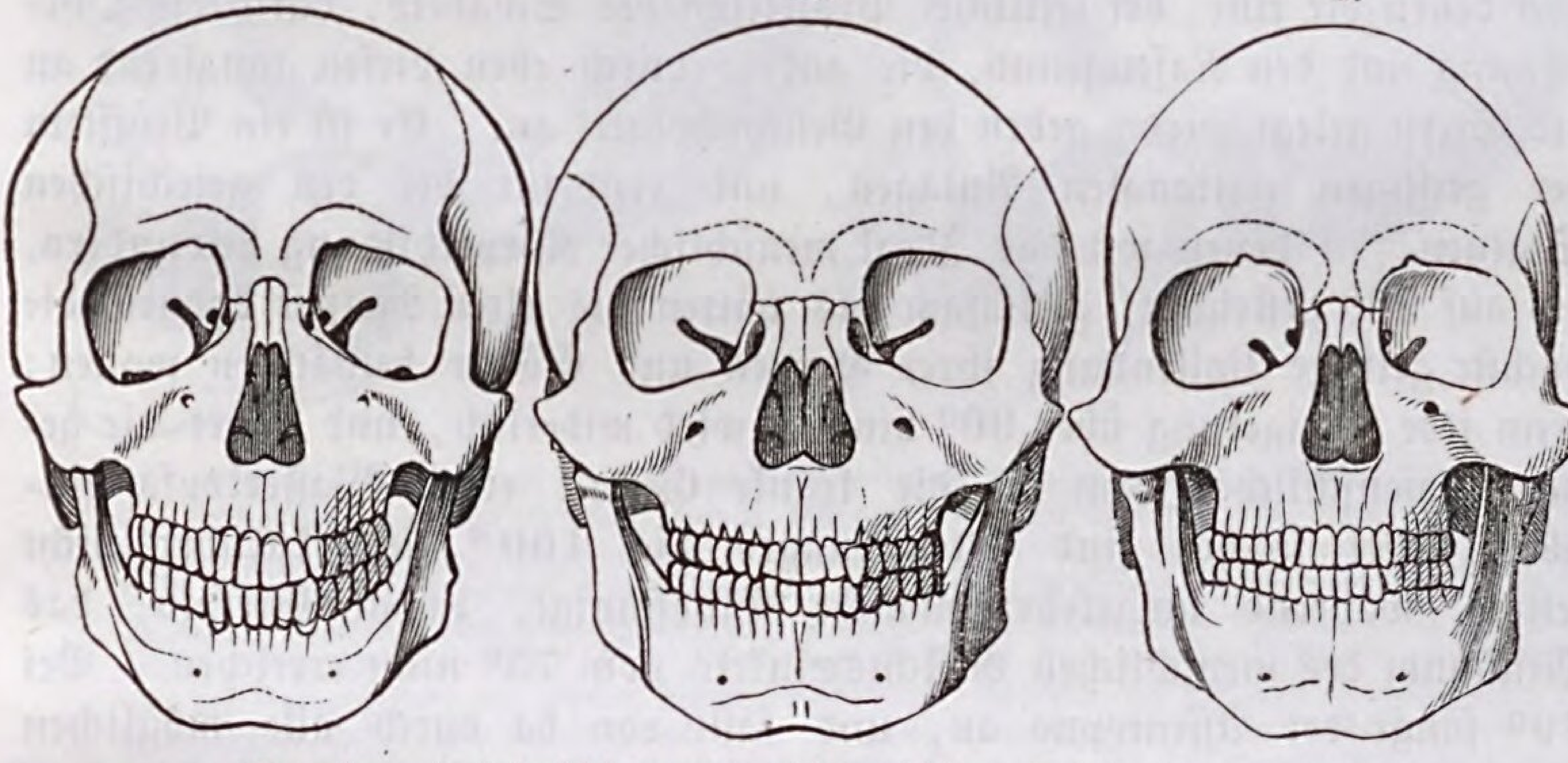
Sonnenlicht weniger aus und schützen sich vor seinen Strahlen durch künstliche Mittel, allein der Arme ist ihm ohne Schutz überall bloßgestellt und seiner ganzen Einwirkung ausgesetzt. Bei Nationen, wo es solche Standesunterschiede noch nicht giebt, fällt auch die Folge derselben in der äußeren Erscheinung weg, und alle Individuen der Papuas sind gleich dunkel, wie alle Individuen der Botokuden gleichfarbig rothbraun; allein bei den Mexikanern und Peruanern hat man früher, wie noch jetzt, Farbennüancen in gleicher Weise erkannt, wie sie in Europa unter uns jeder aufmerksame Beobachter täglich wahrnehmen kann. Sie sind Folge der Lebensweise, wie so viele Unterschiede, welche mit der höheren geistigen Entwickelung, die nie eine allseitig gleiche werden kann, sofort sich einstellen.

In sehr nahen Beziehungen steht zu der Farbe der Haut die Farbe und Beschaffenheit des Haares. Daß der Mensch, so gut wie die Säugethiere, sein allgemeines, nur an der Handfläche, den Fußsohlen und einigen Stellen des Gesichts fehlendes Haarkleid habe, lehrt die genauere Beobachtung jeder anderen Stelle seiner Oberfläche. Allein an den meisten Punkten bleiben die Haare klein und unentwickelt, wenn sie auch gerade nicht sperriger stehen, als am Scheitel, am Gesichtsumfang des Mannes und den anderen Gegenden, die ein längeres, kräftiger entwickeltes Haar von einfacher Beschaffenheit tragen. Die Farbe und der Bau dieser Haare ist keineswegs zufällig, sondern unterliegt entschieden nationalen Gesetzen, die nur ähnlich, vielleicht noch leichter als die Bestimmungen für die Hautfarbe, durch veränderte Lebensweise und nationale Vermischungen umgestoßen werden können. Zwei Hauptunterschiede zeigt das Haar im Bau, die krause wollige weiche Beschaffenheit beim Neger, den langen schlichten oder großlockigen Habitus bei Europäern, Malayen und Amerikanern. Woher diese Verschiedenheit rühre, ist noch nicht genügend ermittelt; ohne Zweifel hat sie ihren Grund im Bau der einzelnen Haare selbst, und scheint beim Neger von einer absatzweisen Compression des Haarfadens abzuhängen. Die Haare der ersten Form sind ursprünglich immer schwarz, die Haare der zweiten Klasse wechseln dagegen in mehreren Farben, vom tiefsten Schwarz bis zum hellsten Gelb oder Blond. Im unvermischten Zustande hat jede Nation durchaus einen gleichen Bau und ihre eigene Farbe, allein sehr bald ändern sich beide, nicht bloß in Folge der Vermischung, sondern auch in Folge veränderter Lebensweisen. Ueberhaupt ist das Haar, und nicht bloß beim Menschen, sondern auch bei den Säugethieren, leichter als irgend ein Körpertheil zu Variationen geneigt, verliert daher immer zuerst seinen nationalen Charakter, und schwankt am meisten von allen Körpertheilen des Menschen auf zahlreichen, neu entstandenen Zwischenstufen und Modificationen. Darum kann nur bei ganz unvermischten, im Urzustande gebliebenen Nationen seine Beschaffenheit noch als nationaler Charakter angesprochen werden; womit freilich nicht gesagt sein soll, daß es nicht einzelne Individuen auch unter civilisirten Na-

tionen geben könne, die ungetrübt ihren nationalen Grundcharakter behauptet haben.

Die vier behandelten Punkte bieten offenbar die sichtbarsten, wenn auch nicht die wichtigsten äußeren Unterschiede des Menschengeschlechts dar, und geben uns ein Mittel an die Hand, die Nationen naturgeschichtlich einzutheilen. Bevor wir aber an diese schwierige Arbeit gehen, müssen wir noch einige, wie es scheint, wichtigere Unterschiede des Skelets hervorheben, und zunächst bei der Betrachtung des Schädels verweilen. Die Mannigfaltigkeit seiner Ausführung, bei gleicher Anlage, ist sehr groß, läßt sich aber doch auf drei Hauptdifferenzen zurückführen, welche wir als die Grundformen der menschlichen Schädel näher charakterisiren wollen.

1. 2. 3.



Ovaler, sphärischer und elliptischer Schädeltypus 8).

Die erste Form ist die elliptische, mit collateraler Compression von links nach rechts. Schädel dieser Gattung haben ein schmales Gesicht, dessen größter Durchmesser zwischen den Backenknochen liegt, eine schmale niedrige geneigte Stirn, ein hervortretendes Gebiß, zurückgezogenes Kinn, einen engen, fast scharfkantigen Scheitel und ein weit hinterwärts vor-

8) Figur 1 zeigt als Prototyp der ovalen Kopfbildung den Schädel eines Mannes von 28 Jahren aus hiesiger Gegend, dessen Verhältnisse folgende sind. Ganze Höhe des wagrecht stehenden Schädels vom Kinn bis zum Scheitel 7'' 6'''; Breite des Schädels an der breitesten Stelle über den Augenhöhlen 6'' 2'''; Breite der Jochbögen 5'' 3'''; Breite des Unterkiefers am Hinterwinkel 3'' 10'''. Der daneben (Fig. 2) gezeichnete Schädel eines Kalmücken hat nur 6'' 10''' Höhe, bei 5'' 9''' Breite in der Höhe der Augen. Die Breite des Jochbogens beträgt 5'' 7''', die des Unterkiefers 4'' 3'''. Endlich Fig. 3, der Schädel eines Kaffern, ist 6'' 8''' hoch, nur 4'' 10''' breit, hat Jochbögen von 5'' 6''' Distanz und 3'' 9½''' Breite zwischen den hinteren Ecken des Unterkiefers.

ragendes Hinterhaupt. Die zweite Schädelform ist die sphärische oder kubische, sie zeichnet sich durch einen in der Hauptsache kreisförmigen Gesichtsumriß, eine niedrige, aber breite Stirn, starke Backenknochen, ein breites senkrechtes Gebiß und ein eben so breites senkrechtes Kinn aus; sie hat einen flach gewölbten Scheitel, ein stumpfes Hinterhaupt, und den größten Schädeldurchmesser in der Höhe der Backenknochen oder des Ohres. Die dritte oder ovale Schädelform ist vor allen durch die größte Breite des Schädels in der Höhe der Stirn, einen kugeligen Scheitel, einen oberwärts mehr gewölbten Hinterkopf, eine hohe senkrechte Stirn, schmale Backenknochen, ein kleineres senkrechtes Gebiß und ein schmales Kinn ausgezeichnet. Hierzu kommen die Unterschiede des Gesichtswinkels, welcher bei der ovalen Form 83 – 85° zu betragen pflegt, bei der sphärischen gegen 80°, bei der elliptischen dagegen nicht viel mehr als 75°. Zwei Linien, von denen die eine, bei seitlicher Projection des Schädels, durch die Ohröffnung und den Nasengrund, die andere durch eben diesen tangirend an die Stirn gelegt wird, geben den Gesichtswinkel an. Er ist ein Prüfstein der geistigen nationalen Anlagen, und erscheint bei den griechischen Statuen, in denen wir das Ideal menschlicher Körperbildung bewundern, bis auf 90° gesteigert, gleichsam als hätten die alten Meister dadurch die höchste geistige Vollendung ihrer Heroen und Götter bethätigen wollen; denn jede Steigerung über 90° hinaus wird widerlich, und führt die gesunde menschliche Form in die kranke Gestalt eines Wasserkopfs hinüber. Bei solchen sind Steigerungen bis 100° und darüber nicht selten, während umgekehrt manche Blödsinnige, zumal Cretins, das Minimum des menschlichen Gesichtswinkels von 75° nicht erreichen. Bei 70° fängt der Affentypus an, und fällt von da durch alle möglichen Grade bis zu dem Minimum der Größe herab, welches der Walfischkopf uns darbietet. —

Statt der eben besprochenen älteren Ansicht, deren Hauptgewicht auf die Formen des Gesichtes und die Neigung der Stirn fällt, hat sich neuerdings eine größere Beachtung der eigentlichen Schädelhöhle geltend gemacht; namentlich durch Retzius, welcher zuerst die Schädel der nordischen Nationen einer sehr sorgfältigen Prüfung unterwarf [9]). Der genaue Beobachter zeigte, daß es besonders die Entwickelung eines der drei Hauptlappen des großen Gehirnes ist, welche die Mannigfaltigkeit im äußern Ansehen des Schädels bedingt. Die Verlängerung des Schädels nach hinten und seine schmale Form, wodurch die Negernationen sich verrathen, hängt nämlich ab, theils von der geringen Größe des ganzen großen Gehirnes, theils aber auch von der auffallenden Kleinheit seiner Mittellappen. Eben diese müssen bei kubischen Schädeln sehr groß gewesen sein; die hintersten Lappen

---

9) Man vergl. seine Abhandlung in J. Müller's Archiv für Anat. u. Physiol. Jahrg. 1845. S. 83 ff., und in den Annal. d. sc. natur. 3. Ser. VI. 133.

dagegen, welche gerade bei den Negern von allen dreien die stärkste Ausdehnung besitzen, auffallend klein. Bei den ovalen Schädeln überwiegen die vorderen Lappen des großen Gehirnes, wölben dadurch die Stirn stärker und bringen eine allseitige Entwickelung des Gehirnes mit sich, welche auch die hinteren Lappen weiter nach hinten vortreibt, als in den kubischen Schädeln. Von der Größe dieser hintersten Lappen geht Retzius aus, wenn

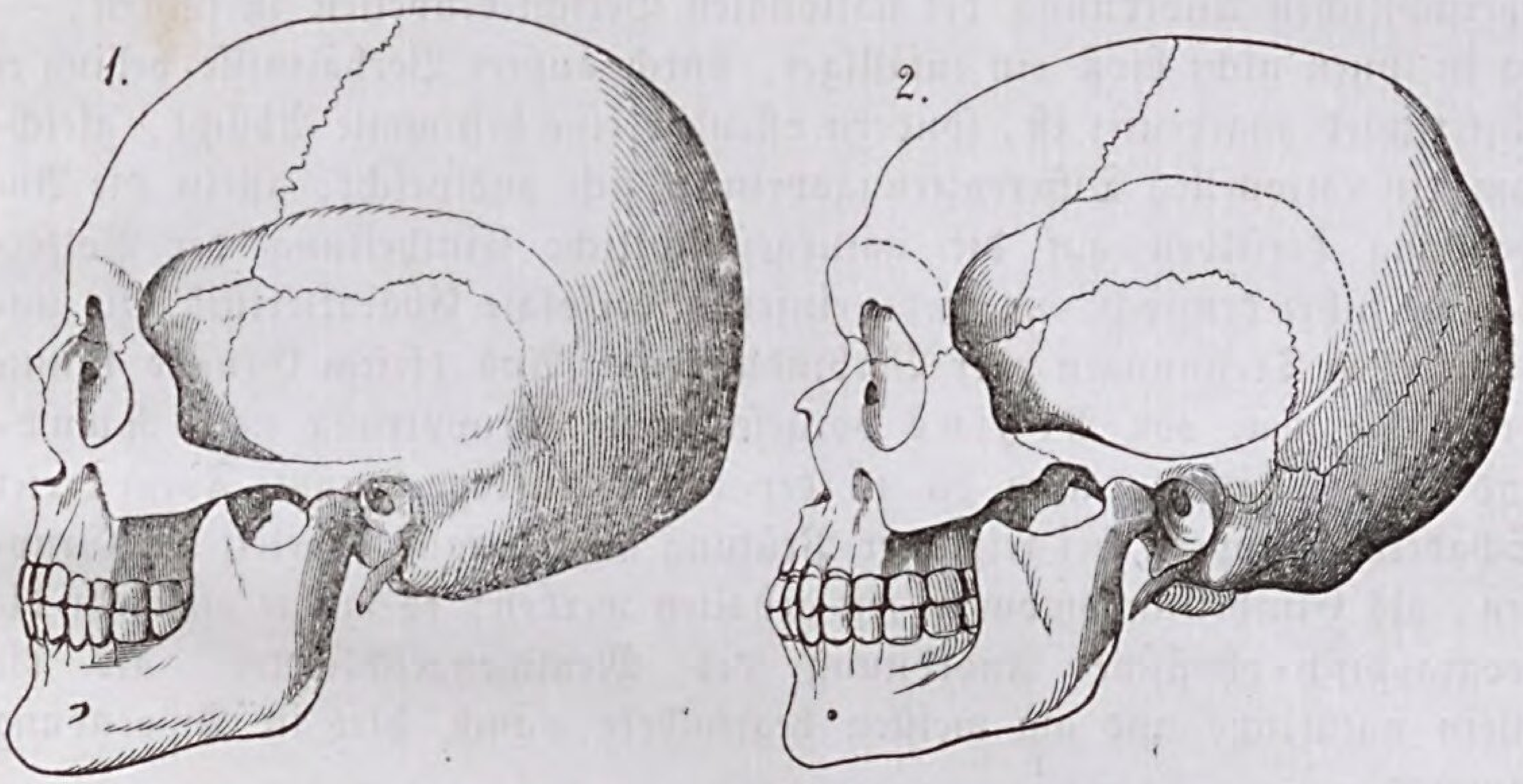


Fig. 1. Schiller's Schädel, als Typus der dolichocephalae orthognathae. Fig. 2. Kaffernschädel, derselbe, welcher oben S. 509 von vorn gesehen wird, als Typus der dolichocephalae prognathae. Man bemerkt, daß derselbe nicht bloß etwas kürzer ist, als der Schiller's, sondern auch beträchtlich niedriger, eine viel geneigtere Stirn, stärkere Backenknochen und besonders ein viel weiter vorragendes Gebiß besitzt. Die Spannung vom Ohr bis zur Scheitelhöhle beträgt bei Schiller 5'' 4''', bei jenem Kaffer 4'' 9''', welche Differenz vorzugsweise von der Entwickelung des großen Gehirnes abhängt, insofern der mittlere Hauptlappen desselben beim Kaffer, wie der Eindruck oben am Hinterhaupt zeigt, minder ausgebildet ist, als am Haupte Schiller's, woselbst ein solcher Eindruck, wegen der allseitigen Fülle des Seelenorganes, nicht bemerkt wird.

er die Nationen in Langschädel (gentes dolichocephalae) und Rundschädel (brachycephalae) eintheilt, ihre Unterschiede aber darnach bestimmt, ob die hinteren Lappen des großen Gehirnes weit über das kleine Gehirn rückwärts vortreten, oder dasselbe kaum, selbst gar nicht vollständig bedecken. Unter jene Form bringt er die elliptischen und ovalen, unter diese die kubischen Schädel. In den beiden ersten Typen unterscheidet er weiter nach der Stellung des Gebisses, womit die Neigung der Stirn in Harmonie steht, senkrechtzahnige (orthognathae) und geneigtzahnige (prognathae) Nationen; und findet denselben Unterschied auch bei den Rundschädeln wieder. Dadurch erhält er vier Hauptschädeltypen. Zu den Langschädeln mit senkrechter Zahnstellung gehören die celtischen, germanischen, romanischen und Hindu-Völker; als Rundschädel mit demselben Gebiß ergeben sich die Slaven, Tschuden, Lappen, Afganen, Perser, Türken, Süd-Oceanier und Papuas. Rundschädel mit geneigtem Gebiß sind die Tataren, Kalmücken, Mongolen, Malayen und mehrere westame=

rikanische Völkerstämme; für die Langschädel mit vorgeschobener Zahnstellung bleiben endlich die Neuholländer, Chinesen, Japanesen, Neger, Grönländer, Nord-Oceanier und die meisten ostamerikanischen Völkerschaften übrig. —

Die angedeuteten Differenzen des Schädels, auf welche Blumenbach, der würdige Stifter einer wissenschaftlichen Naturgeschichte des Menschengeschlechtes, wohl zuerst hinwies, scheinen noch am ersten zu einer übersichtlichen Anordnung der nationalen Verschiedenheiten zu führen; — da in ihnen nicht bloß ein zufälliger, durch äußere Verhältnisse beding'er Unterschied angedeutet ist, sondern offenbar eine bestimmte Absicht, gleichsam ein rationelles Differenzirungsprincip sich ausspricht; allein die Anwendung derselben auf die naturgeschichtliche Eintheilung der Völkerstämme führt dennoch, wie jede einseitig verfolgte Charakteristik, zu unnatürlichen Trennungen oder Verbindungen. Aus diesem Grunde konnte weder die neue von Retzius vorgeschlagene Gruppirung nach Rund- und Langschädeln, noch die in der ersten Auflage benutzte Form dreier Schädelhaupttypen, bei reiflicher Prüfung aller daraus abgeleiteten Gruppen, als Eintheilungsmoment fest gehalten werden; es mußte vielmehr die geographisch-physische Anordnung des Menschengeschlechtes, als die allein natürliche und am meisten begründete, auch hier in Anwendung kommen. —

Schon Blumenbach hatte diesen Weg eingeschlagen und die Nationen in fünf Rassen getheilt, welche er die kaukasische, mongolische, amerikanische, äthiopische und malayische nannte. Obgleich die von ihm angenommenen Unterschiede nicht immer Stich halten, und namentlich die Grenzen der kaukasischen, mongolischen und malayischen Völkerschaften sehr sanft in einander übergehen; während umgekehrt die Nationen der amerikanischen und äthiopischen Rasse in einzelnen Merkmalen oft greller von einander abweichen; so ist doch bis heute keine bessere oder vielmehr anwendbarere Eintheilung gegeben worden, und alle Versuche einer solchen sind eigentlich nichts weiter als theilweise Modificationen der Blumenbach'schen Gruppirung geblieben. Wir können sie daher mit größtem Rechte für die beste erklären und ihre Natürlichkeit auch dadurch unterstützen, daß sie in ihrer richtigen Ausführung ziemlich genau den geographischen Gebieten entspricht, welche wir im 23. Kapitel als diejenigen Theile unserer Erdoberfläche kennen gelernt haben, deren Erzeugnisse und Produkte die größten wie durchgreifendsten Unterschiede uns darbieten. Wir werden deshalb die Rassen des Menschengeschlechtes in ähnlicher Reihenfolge betrachten, und die eine Gruppirung durch die andere noch ferner zu begründen suchen[10]).

---

10) Das Hauptwerk über die Naturgeschichte des Menschen ist gegenwärtig: J. C. Prichard, Naturgesch. des Menschengeschlechtes. Aus dem Englischen

I. Die amerikanischen Völkerschaften harmoniren weit mehr mit einander, als die Völker anderer gleichmäßig unter allen Zonen sich ausbreitender Erdtheile, und bestätigen durch diese Harmonie die Gleichförmigkeit der Organisation, welche wir früher als den Hauptcharakter der neuen Welt, zum Unterschiede von der alten, aufgestellt haben (S. 375). „Es ist fast sprichwörtlich geworden," bemerkt einer der besten Kenner des amerikanischen Menschenschlages [11]), „daß, wer einen Indianerstamm gesehen hat, sie alle gesehen habe; so sehr gleichen sich die Individuen dieser Rasse, trotz der weiten geographischen Verbreitung und dem extrem-verschiedenen Klima ihres Wohngebietes." Dasselbe urtheilt der Prinz Maximilian zu Wied, welcher beide Hälften Amerikas gleich sorgfältig bereist hat. „Ihr erster Anblick," sagt er von den Nordamerikanern [12]), „überzeugte mich sogleich von ihrer großen Verwandtschaft mit den Brasilianern, so daß ich sie unbedingt für dieselbe Menschenrasse halten muß." Sie alle bieten dem Beobachter, nach Morton, das lange schwarze schlaff hängende Haar, die zimmtbraune Haut, die düstere Stirn, das matte schläfrige Auge, die vollen zusammengepreßten Lippen, und die hervortretende, aber ausgeweitete Nase dar; zu welchen Merkmalen wir noch die stark vorspringenden, aber abgerundeten Backenknochen, die mangelhafte Bartbildung der Männer, die nach oben ziemlich breite, aber hagere, nicht gerade sehr kräftige Statur und die verhältnißmäßig kleinen Hände wie Füße hinzufügen können. In ihrem Schädelbau herrscht große Verschiedenheit, obgleich dieselbe wohl weniger angeboren als durch künstliche Behandlung entstanden sein mag. Denn es ist ein eigenthümlicher Zug des Geschmackes bei diesen Nationen, an einer offenbaren Entstellung der Natur Gefallen zu finden, und ihrem Kopfe, oder wenigstens ihrer Physionomie, eine Form zu geben, die auf gebildete Leute nur einen widerlichen Eindruck macht. Ursprünglich vielleicht überall dem sphärisch-quadratischen Typus am nächsten stehend, hat die Schädelform der Amerikaner doch nirgends den rein mongolischen Ausdruck, sondern neigt zu eigenthümlichen, durch die gesenkte Stirn, die weiten Augenhöhlen, die massiven Kiefer und die Abplattung des Hinterkopfes ausgezeichneten, zum Theil mehr ovalen, selbst elliptischen Formen. Allein diese natürlichen Differenzen werden weit übertroffen von den künstlichen Deformitäten, die wir bei den verschiedensten Nationen im Norden wie im Süden Amerikas antreffen. Dort haben die plattköpfigen Stämme am Kolumbia-Fluß, oder die kegelköpfigen Natchez am unteren Missisippi;

übersetzt und herausgegeben von R. Wagner. Leipzig 1840—1848. 8., 4 Bde. in 5 Abtheilungen. Es ist durch vollständige Compilation historischer und linguistischer Angaben besonders werthvoll, aber weniger zuverlässig im allgemeinen, physiologisch-physischen Theile.

11) S. G. Morton. Vergl. Froriep's n. Notizen Bd. 34. S. 129. 1845.

12) Reise in das innere Nordamerika. I. S. 233.

hier die seitlich zusammengedrückten, nach oben und hinten aufgebundenen Schädel bei den Peruanern der Hochebenen aus dem Huanka-Stamme, oder die nach entgegengesetzter Richtung verdrückten, am Hinterkopf senkrecht abfallenden Küstenbewohner der Chinchas die Aufmerksamkeit der Reisenden in gleichem Grade erwecken müssen. Alle diese sonderbaren Formen wurden künstlich durch Pressung oder Einschnürung des Kopfes bald nach der Geburt hervorgebracht, und von den Angehörigen des Kindes mit um so größerer Sorgfalt gepflegt, je vornehmer und reicher die Familie des Neugebornen war. D'Orbigny, der das Menschengeschlecht Südamerikas eben so sorgfältig, wie die Thierwelt, studirt hat, versichert, in den von ihm geöffneten besseren Gräbern alter Peruaner auch immer die ausgeprägtesten Typen der besonderen Schädelform gefunden zu haben; ja selbst bei den kleinsten Kindern wollen andere Beobachter schon Unterschiede des Schädelbaues, welche mit jenen künstlichen Entstellungen in Harmonie stehen, entdecken können [13]). Ist diese Annahme richtig, so darf man vermuthen, daß eine künstliche Bildung allmälig zur natürlichen geworden sei, und der erste Keim sich den Einwirkungen gefügt habe, denen die früheren Generationen beharrlich im spätern kindlichen Alter ausgesetzt worden waren. Aber nicht bloß den Schädel, auch die weichen Theile des Gesichtes, suchen amerikanische Völkerschaften sonderbar zu entstellen, indem sie dabei eben so wenig Geschmack an den Tag legen. Die Botokuden, deren durchbohrte Ohren oder Lippen große Holzscheiben umschließen, sind ihrer häßlichen Physiognomie wegen bereits allgemein bekannt geworden. Auch das bei vielen Stämmen übliche Bemalen der Haut mit rother Farbe kann hierher gezählt werden; doch darf man nicht dieser Gewohnheit das allgemein rothfarbige Ansehen der Amerikaner zuschreiben, wie einige Schriftsteller uns glauben machen wollen; ihre röthliche Hautfarbe ist eine durchaus natürliche, welche die Kunst nur unterstützt, keineswegs hervorgebracht hat. Daß diese rothe, von Morton wohl am richtigsten zimmtbraun genannte Farbe nicht bei allen Nationen gleich stark entwickelt ist, — wer wird sich darüber wundern, der die mannigfaltigen Farbennüancen der östlichen Rassen kennt? — doch

---

13) D'Orbigny's Beobachtung bezieht sich auf die schmalköpfigen, flach gewölbten, stark nach hinten verlängerten Schädel der Aymara's, eines Volksstammes, welcher sich von Bolivien bis nach Peru erstreckt. Daß das regelmäßige Oval dieser Köpfe eine natürliche Form, und nicht durch Kunst hervorgebracht ist, erleidet bei näherer Untersuchung der Schädel keinen Zweifel; allein eben so bestimmt läßt sich aus den Schädeln der Huanka's und Chinchas erweisen, daß sie durch künstliche Manipulationen entstellt sind. Die Schädel der Hallischen Sammlung lehren das unzweifelhaft. Somit fällt denn die oben geäußerte Vermuthung, als ob künstliche Deformitäten zu natürlichen werden könnten, insofern wenigstens fort, als sie sich auf den Bau der Aymara's stützt; denn deren Schädel ist nicht künstlich zugerichtet, sondern ursprünglich von Jugend auf so gebildet gewesen, wie er im Alter erscheint.

allgemein wird man zugeben müssen, daß die Farbenschwankungen der Amerikaner ungleich geringer sind, als die der östlichen Nationen. Amerikaner werden nie schwarz wie Neger, oder weiß wie Europäer; sie schwanken nur zwischen einem dunkleren und helleren Zimmtbraun, das bisweilen ins Kupferige, bisweilen mehr ins Fleischrothe hinüberspielt. Merkwürdiger Weise erscheinen die tiefsten Färbungen bei den nördlichen und südlichen Stämmen, zumal bei den Kaliforniern und Patagonen, während gerade die mittleren, fast unter dem Aequator ansässigen Stämme der Borroa, Guaikas, Ariken die hellsten sind. — Gesetzmäßiger als diese Farbenverschiedenheiten scheinen gewisse Schwankungen der Gesichtszüge zu sein. Man weiß ziemlich allgemein, daß die alten Mexikaner durch eine große, stark gebogene, der altrömischen nicht unähnliche, nur etwas fleischigere Nase sich auszeichneten, und erkennt diesen Hauptzug ihrer Physionomie nicht nur an den noch jetzt lebenden Nachkommen, sondern auch auf den Baudenkmalen und den mit Bildern gezierten Manuscripten, welche sich aus der früheren Kulturepoche des merkwürdigen Volkes bis auf unsere Tage erhalten haben. Diese Nasenform ist aber keineswegs den Mexikanern allein eigen, sondern sie findet sich auch bei den Peruanern und den meisten nordamerikanischen Völkerschaften, besonders denjenigen, welche früher die südlichen und östlichen Theile der Vereinigten Staaten bewohnten. Dagegen fehlt die bemerkte Nasenform sowohl den Nord-Polarvölkern, den Eskimos, als auch dem größten Theile der Südamerikaner, namentlich den Bewohnern Brasiliens, den Patagonen, Feuerländern und Ureinwohnern Chilis. Diese Völkerschaften haben vielmehr eine ziemlich gerade, stumpfe, unten breite, sehr bauchige Nase von ebenfalls beträchtlicher Größe, während die Eskimos eine sehr kleine, eingezogene, nur unterhalb aus der Gesichtsfläche vorspringende Nase besitzen. Eine solche Nasenform weicht aber so auffallend von der aller anderen Amerikaner ab, daß Morton sich genöthigt sieht, die Eskimos von der amerikanischen Rasse auszuscheiden und mit der mongolischen zu verbinden. Der große, nach hinten ziemlich lang ausgezogene, an der Stirn niedrige Kopf, die große Breite und Abplattung des Gesichts, die kleinen schwarzen Augen, der kleine runde Mund, die Anlage zur Wohlbeleibtheit, welche den Amerikanern durchweg mangelt, und eine weißere Hautfarbe rechtfertigen seine Annahme, die übrigens von den amerikanischen Völkerschaften selbst gehegt wird. — Daraus ergiebt sich auch zur Genüge, daß die amerikanische Rasse nicht aus Asien eingewandert ist, wie einige Schriftsteller angenommen haben; die durchgreifende Verschiedenheit, welche zwischen den Mongolen und Amerikanern stattfindet, widerlegt die Annahme hinlänglich, selbst wenn wir auf den Mangel positiver Zeugnisse kein Gewicht legen wollten. Morton hat umständlich dargethan, daß jene asiatische Einwanderung durch kein für sie sprechendes Faktum wahrscheinlich gemacht werden könne; daß vielmehr eine solche

Einwanderung höchstens für die Eskimos zulässig sei, und daß die Aehnlichkeit im Bau ihrer Sprache mit den amerikanischen Idiomen auf späterer Annahme mittelst langjährigen Verkehres beruhen möge. Dagegen ist er geneigt zu glauben, daß die drei civilisirten Nationen des mittleren Amerikas, die Mexikaner, Muykas (im heutigen Bogota) und Peruaner, zu einer besonderen Familie des großen amerikanischen Stammes gehören, welche er die Toltekanische nennt; daß diese Familie vom untern Mississippi in Mexiko eingewandert und hier geblieben sei, bis sie ums Jahr 1050 n. Chr. von dem wilderen Geschlecht der Azteken verdrängt und südwärts gegen Bogota und Quito getrieben wurde, um auch über diese Gegenden bis Peru hinab, eine höhere Gesittung zu verbreiten. Die Auswanderer waren die Inkas, von denen die Peruaner ihren Kulturzustand herleiten, die als Eroberer daselbst eindrangen. Ihr Regiment, obgleich streng despotisch, scheint doch milder gewesen zu sein, als das der Menschen opfernden Azteken; dafür zeugt die Liebe und aufopfernde Hingebung, mit welcher das Volk am Geschlechte seiner Beherrscher hing, und mit welcher es ihm noch jetzt, nach 300jähriger Knechtschaft zugethan ist. — Mit Ausnahme dieses matten durch die Tolteken verbreiteten Lichtes von etwa fünf Jahrhunderten, ist die amerikanische Rasse in die Nacht der Barbarei versunken geblieben, und hat selbst durch den langen Verkehr mit dem gebildeten Europa keinen Aufschwung gewinnen können. Mag ein Theil der Schuld, ja selbst der größere, auf die Europäer fallen, insofern es eine edlere Aufgabe für sie war, schlummernde Keime zu wecken, als leicht vergängliche Blüthen zu brechen; aber nimmermehr wird man die amerikanische Rasse von einer großen, fortdauernden Gleichgültigkeit gegen die höhere Bildung freisprechen und es nie übersehen können, daß Nationen, welche den Drang nach geistigem Leben in sich tragen, nicht vor dem feindlichen Aeußeren der ihnen nahenden Bildung zurückweichen, sondern den Kampf mit ihr zu bestehen wissen, bis sie geläutert aus demselben hervorgehen. Aber in den Amerikanern hat die sie umgebende Kultur keinen anderen Reiz geweckt, als den der Sinnlichkeit; ihren Freuden im Uebermaß ergeben, können sie nie inne werden, daß der wahre Genuß auf der Arbeit ruht, und daß nur Derjenige, welcher sie nicht scheut, zu dauernden Freuden gerechte Hoffnungen habe. —

II. Am nächsten schließt sich durch die bereits erwähnten Eskimos die Mongolische, von Prichard die Turanische genannte Rasse an die amerikanischen Völkerschaften. Entschieden kubische Schädelformen mit dicken, aber eben nicht sehr soliden Knochen, ein breites, flaches Gesicht mit niedriger Stirn, kleine schief gestellte, am Innenwinkel herabgezogene Augen, eine kurze, am Grunde niedrige, am Ende breite Nase, stark hervortretende scharfkantig abfallende Backenknochen, ein kräftiges, etwas vortretendes breites Gebiß, ein ebenfalls geringer Bart beim Manne am kurzen Kinn und schwarze schlaff hängende Haare bilden, in Verbindung mit gelb-

licher, bald der braunen, bald der weißen mehr genäherter Hautfarbe, die Hauptmerkmale dieser durch kleine, oft untersetzte, aber volle, zur Fettbildung geneigte Statur ausgezeichneten Rasse. Zu ihr gehören die Bewohner des mittleren wie östlichen Asiens, und wahrscheinlich auch alle benachbarten Nord-Polarvölker, versteht sich mit Ausschluß derer, die nachweislich aus anderen Gegenden in dies Gebiet eingewandert sind. Sie stellen in dieser weiten geographischen Verbreitung noch mancherlei verschiedene Gruppen dar, unter denen die eigentlichen Mongolen mit den Kalmücken und Buräten im Innern Hochasiens als die entschiedensten Typen der Rasse hervorragen, während im äußersten Süden die Chinesen, als die geistig entwickeltste Nation des mongolischen Stammes, sich den Malayen im Körperbau nähern. An die Chinesen schließen sich nordwärts die Koreaten, ostwärts die Japaner, durch welche der mongolische Typus auf die Bevölkerung der Kurilen und Aleuten übergeht und von da nach Amerika zu den Eskimos sich ausdehnt. Auf dem Festlande Asiens verbreiten sich die Kamtschadalen, Tungusen und Samojeden als mongolische Völker bis nach Europa hin, und stoßen hier an die Tschuden und Lappen, welche letztere einige Beobachter ebenfalls noch den Mongolen beizählen, obgleich ihre Verbindung mit den tartarisch-kaukasischen Völkern richtiger zu sein scheint. Auf jeden Fall aber findet eine nahe habituelle Verwandtschaft zwischen ihnen und den benachbarten mongolischen Stämmen statt.

III. Die große Völkerfamilie, welche Blumenbach mit dem Namen der kaukasischen belegte, zeichnet sich vor allen übrigen durch die reinsten Typen des Menschengeschlechts aus, und wird schon des Umstandes wegen von den Naturforschern, welche die mythische Abstammung von Einem Paare vertheidigen, für die Urform des Menschen erklärt. Ovale Schädelbildung, eine meist hohe gewölbte Stirn, ein abgerundeter Hinterkopf, große offene Augen, eine gerade Nase ohne stark klaffende Flügel, senkrecht gestellte Zähne, ein starker Bart beim Manne, ein senkrechtes Kinn, und weiche glatte oder großlockige Haare bilden, mit dem schönen Ebenmaß aller anderen Körpertheile unter sich, die hauptsächlichsten Erkennungszeichen derselben. Weniger bestimmt ist daneben die Farbe. Zwar tritt bei den reinsten Typen der Kaukasier eine röthlich weiße Haut auf, allein nur wenige Völkerschaften behalten sie; bei den vielfach vermischten südlichen Nationen des kaukasischen Stammes, zumal da, wo sich derselbe den Negerstämmen nähert, wird die Hautfarbe braun, und selbst so dunkel, daß sie einzelnen Nationen der genannten Rasse gleichkommt. Mit dieser Farbe der Haut harmonirt innig die Färbung der Haare und des Augensterns. Rein weiße Kaukasier haben blonde oder röthliche Haare mit blauen Augen, bei den intensiver gefärbten Völkern stellen sich braune Haare, dann schwarze Haare mit braunen Augen, zuletzt ebenfalls schwarze Augen ein. Auf dieser Stufe ist die Aehnlichkeit mit den Südseeinsulanern

oder gewissen äthiopischen Völkern unverkennbar. Eine solche Mannigfaltigkeit darf uns jedoch nicht überraschen, wenn wir an die früher besprochenen Gesetze der geographischen Verbreitung und ihren Einfluß auf die Organismen denken, mithin berücksichtigen, daß die kaukasischen Nationen gerade in der Richtung über die östliche Halbkugel sich verbreiten, in welcher hier die größten Differenzen der Organisation neben einander hervortreten. Denn sie bewohnen den ganzen mittleren Theil der östlichen Kontinentalmasse, vom äußersten Westen bis zum äußersten Süd-Osten, und gehen noch auf die angeschlossenen großen Kontinentalinseln des Sunda-Archipels, selbst weiterhin auf die australische Inselwelt über. Es gehört demnach zu den Kaukasiern die Bevölkerung von ganz Europa, von Afrika im Küstengebiet des Mittelmeeres und von ganz Asien bis an das östliche Hochland der Mongolen. In dieser weiten geographischen Verbreitung reihen sich die Farbenverschiedenheiten so an einander, daß die rein weißen Nationen im äußersten Westen, die braunen Stämme im Süd-Osten und Süden überhaupt ansässig sind, während der Uebergang zwischen beiden ziemlich in die Mitte des ganzen Landstriches, also etwa in das Quellland des Ganges und Indus fällt. Allein diese Angaben gelten nur für die ursprünglichen Bewohner, nicht eben so bestimmt für die heutige, durch vielfache Vermischung und Kulturgrade veränderte Bevölkerung. Beide Momente bewirken Schwankungen in der äußeren Erscheinung eines Volkes, welche immer die zarteren Eigenthümlichkeiten zerstören, die markirten kräftigeren Eigenschaften hervorheben. Daher mag es kommen, daß blonde Nationen gewöhnlich unter beiden Einflüssen ihre äußere Gleichheit verlieren, und aus der gelben Haarfarbe in die braune, selbst in die schwarze überspringen; wobei zugleich die Augen ihre rein blaue Färbung in eine grauliche, bräunliche oder braune umtauschen, indessen doch nicht so leicht, wie das Hauptthaar sich ändern. Noch langsamer ändert sich die Farbe der Haut, sie ist constanter als jene beiden Farbenflächen, und giebt uns bessere Aufschlüsse über das ursprüngliche typische Colorit eines ganzen Volkes. —

Unter solchen Umständen ist es mißlich, nach der Färbung bestimmte Gruppen unter den Kaukasiern festzusetzen, vielmehr hat man mit mehr Erfolg sprachliche Grundverschiedenheiten dabei berücksichtigt. Nach ihnen lassen sich zuvörderst drei große Familien der Kaukasier aufstellen: es sind die Indogermanen; die Semiten, und die Berbern, als die ursprünglichen Bewohner am Mittelmeere und seiner Nachbarländer. Zu den Indogermanen, welche Prichard vielleicht passender die iranische Familie nennt, gehören die Urbewohner Europas, die Celten, Pelasger, Germanen und Slaven, nebst den asiatischen Völkern der Meder, Perser und Indier, soweit letztere das Sanskrit reden, welche Sprache in den Idiomen aller genannten Völker mit ähnlichen Typen wiederkehrt und als Mutter- oder Stammsprache der Indoger-

manen betrachtet wird[14]. — Die semitische Familie umfaßt alle Nationen zwischen dem persischen Meerbusen und dem rothen Meere nebst den Bewohnern des Stromgebiets der Flüsse, welche dahin münden; dehnt sich aber durch die Kolonien der Araber und Phönicier über einen Theil des benachbarten Afrikas aus. Araber, Hebräer und Syrer in der Gegenwart, Assyrer, Babylonier und Chaldäer im Alterthum sind die Völker, welche diesem Sprachstamme angehören, und die welthistorische Bedeutung desselben durch die Tiefe seiner religiösen Anschauungen beurkunden. Aber abgeschlossen in ihrer Ansicht und anmaßend hat die semitische Individualität eben deshalb einem despotischen Staatswesen zu allen Zeiten willig gehorcht, ohne die aufopfernde Liebe und Duldung zu kennen, welche als die wahren Grundlagen einer Weltreligion zwar aus ihrem Schooße erwuchsen, allein erst in der freieren sittlichen Natur der Germanen ihren eigentlichen Boden fanden. — Die Berbern bildeten die dritte kaukasische Völkerfamilie am Mittelmeere, wurden aber im Laufe der Zeiten von den benachbarten semitischen oder iranischen Nationen fast ganz vertilgt, so daß sie heute nur in den dürftigen Resten der Kabylen und Kopten sich erhalten haben. Ihre Hautfarbe war etwas dunkler, als die der meisten Semiten oder Iranen, mehr bräunlich, selbst kupferig, und scheint dann dem Kolorit der Hottentotten einigermaßen geglichen zu haben; aber ihr schwarzes Haar war nicht kraus, wie Herodot und einige alte Schriftsteller angeben; die Untersuchung der Mumien hat schlichte Haare nachgewiesen. Sie mögen sich ursprünglich über den ganzen nordafrikanischen Küstenrand ausgebreitet und östlich wie westlich an den Rändern des Kontinents südwärts fortgepflanzt haben. In den alten Aegyptern erreichte der Stamm seine höchste Blüthe; wie es scheint ganz aus sich selbst, ohne die Einwirkung fremder, zumal indischer Kolonien, obgleich die große Aehnlichkeit vieler Einrichtungen beider Völker eine nahe Beziehung derselben zu einander lange Zeit sehr annehmbar machte. Richtiger ist es wohl, nationale Grundähnlichkeit zwischen ihnen vorauszusetzen, für beide auch in ihrer physischen Natur ähnlichen, weichen, bildsamen Stämme denselben Entwickelungsgang anzunehmen, und daraus die gleich abgeschlossene, von einer einzigen Kaste getragene, despotische Kultur zu folgern. Unfähig bei solcher Anlage und Ausbildung dem Drange weltstürmender Eroberer zu widerstehen, sind die Berbern seit zwei Jahrtausenden ein leichter Spielball derselben gewesen, und haben uns wenig mehr von ihrem früheren Dasein hinterlassen, als jene großartigen Trümmer im Nilthal, welche die Nachwelt bewundert, ohne die Zwecke sicher zu kennen, denen sie einst im Zeitraume des Glanzes gedient haben. —

---

14) Man vergl. den Artikel: Indogermanischer Sprachstamm von Pott, in Ersch's und Gruber's allgemeiner Encyclopädie II. Sect. Bd. 18.

Noch zwei Volksstämme mit ovaler Schädelbildung schließen sich als östliche Glieder des kaukasischen Typus an die eben betrachteten drei westlichen: der malayische und scythische. —

Die Malayen sind bräunlich von Farbe, bald heller als die Berbern, bald ebenso dunkel; sie haben zierlich gebaute, aber meistens nicht sehr große Körper, rundliche Schädel, lange schwarze glatte oder großlockige Haare, schmale Augen, nach unten breite Nasen und mäßig dicke Lippen. Sie gleichen durch diese Eigenschaften manchen mongolischen Stämmen, zumal den Chinesen, mit welchen die zunächst anwohnenden malayischen Völker seit alter Zeit in vielfachem Verkehr stehen, ohne ihrer Botmäßigkeit unterworfen gewesen zu sein. Von der Halbinsel Malaccas über Sumatra, Java, Borneo, die Philippinen und Molucken sich ausbreitend, stellen sie auf diesen Inseln die besondere westliche Unterfamilie der ächten Malayen dar, zu welchen die Bewohner Neuseelands und der ferner gelegenen australischen Inselgruppen, als zweite östliche Unterfamilie der Oceanier hinzukommen. Im Sprachbau, trotz so weiter Zerstreuung, gleich große Verwandtschaft zeigend, wie im äußeren Ansehen, sind die Oceanier ebenmäßiger, schlanker, kräftiger, namentlich muskulöser gebildet und brauner gefärbt, als die eigentlichen Malayen; und wie sie ihnen durch solche Eigenschaften körperlich vorangehen, so scheinen sie dieselben auch an Geisteskraft zu übertreffen. Höchst erregbar und beweglich, vermöge ihrer vom Meere allseitig umflossenen Heimath, zeigen die Malayen nicht geringe Anlagen für höhere Bildung und Gesittung, aber die Leichtfertigkeit ihres Wesens und die Genußsucht hat bis jetzt eine dauernde Kultur bei ihnen unmöglich gemacht. Während der vordringende Muhamedanismus in seiner fanatischen Form die eigentlichen Malayen in ihrer Entwickelung lähmte und zur Unterjochung vorbereitete, als später europäische Handelsvölker auf den überall zugänglichen Inseln sich ansiedelten; hat eben derselbe Umstand in den Oceaniern die schlummernden Keime der Bildung geweckt, und das schnell erfaßte Christenthum ihre natürlichen Anlagen schon mehr geregelt. Gegenwärtig noch unter der Vormundschaft Europas stehend, mögen sie vielleicht bald zu einem eigenen Volksthum erstarken; besonders wenn sie die Freundschaft der Europäer noch richtiger würdigen, und die Selbstsucht, welche hinter Wohlwollen sich versteckt, gehörig von demselben unterscheiden. Denn leider hat nicht ein reiner Trieb der Bekehrung und Besserung allein die Europäer zum Verkehr mit diesen Insulanern bestimmt, vielmehr war es ihre glückliche Lage mitten im Weltmeer, welche sie zu ihnen führte. So mit den rohesten Formen der Civilisation zuerst bekannt geworden, können wir es nur beklagen, daß ein Volk, dessen natürliche Liebenswürdigkeit alle Besucher entzückte, zugleich Versucher unter ihnen fand, und nicht, wie es sein sollte, mit dem besseren Glauben auch die bessere Sittlichkeit an ihnen kennen lernte. — Ganz anders zeigt sich der scythische Volksstamm; als eingeborener Sprößling eines wilden und rauhen Bodens war Rohheit

sein natürliches Erbe. Von den Steppen des innern Asiens her über den größten Theil Sibiriens und den Norden Europas sich ausdehnend hat diese wilde Horde, wohin sie sich wandte, Zerstörung und Schrecken um sich verbreitet; indem sie den milden Künsten des Friedens eben so abhold zu sein scheint, wie sie genußsüchtig in ihren Begierden ist. Und dennoch kann selbst bei ihr der menschliche Leib eine hohe typische Vollendung erreichen, wetteifernd in der Wirklichkeit mit den Idealen, welche die griechischen Künstler uns aufgestellt haben. Aber nur wenigen, um das Centralgebiet ansässigen Stämmen am Kaukasus bis jenseits des Aralsees hin, den Tscherkessen und den Türken, ist diese körperliche Vollendung gegeben, die nördlichen Verzweigungen haben sie nicht mehr, sondern ähneln theils mongolischen, theils slavischen Gestalten. Zu ihnen gehören die Jakuten im Osten, die Lappen und Finnen [15]) im Westen, die Tataren, Kirgisen und Usbecken in der Mitte. Auch die Magyaren, welche quer durch die slavischen Stämme bis nach Ungarn vordrangen, wie weiland Attila mit seinen mongolischen Hunnen [16]) durch die Tataren, gehören zur scythischen oder tschudischen Völkerfamilie.

IV. Wie die eben betrachteten kaukasischen Völker in einer deutlichen Beziehung zu den Mongolen stehen, so reihen sich unmittelbar an die früher geschilderten Berbern die äthiopischen Nationen, indem sie ihnen in gleicher Weise mit körperlicher wie sprachlicher Aehnlichkeit nahe treten. Die allgemeinen Eigenschaften dieser vierten Rasse sind am vollständigsten im Neger ausgeprägt, dessen schwarze Farbe, wolliges krauses Haar, schmale Stirn, kurze, unten breite Nase, vorspringendes Gebiß, mehr vorgetriebene flache als aufgeworfene Lippen, lange Arme mit schmalen Händen, aber kürzere Beine mit schwachen Waden und Plattfüßen eine durchaus eigenthümliche, in manchen dieser Eigenschaften an die Affen mahnende Physionomie ergeben. Zu dieser Rasse gehören alle afrikanischen Völker südlich von der Sahara, welche sich in drei große Familien der Neger, Kaffern und Hottentotten theilen; aber außerdem noch die weit von ihnen abgesonderten Papuas oder Küstenbewohner der Inselgruppen

---

15) Prichard hat kürzlich nachgewiesen, daß die körperliche Verschiedenheit der Finnen und Lappen durchaus nicht größer ist, als ihre sprachliche; mithin beide sehr wohl zur kaukasischen Rasse gehören können. Froriep's neue Notizen Bd. 34. S. 305. — Retzius bestätigt diese Ansicht insoweit, als die Schädelbildung beider Völker auf einen Grundtypus, den der brachycephalae orthognathae, sich zurückführen läßt, und darin mit den slavischen, tschudischen und jakutischen Völkern übereinkommt. Die Lappen hält er für Ureinwohner Skandinaviens, die Finnen für Abkömmlinge der alten Scythen, welche ursprünglich Süd-Rußland bewohnten und erst später durch die Germanen oder Slaven nach Norden gedrängt wurden. Vor ihnen hatten Lappen das heutige Finnland inne.

16) Ob die Hunnen wirklich Mongolen waren, oder nicht vielmehr Tataren, ist keineswegs ausgemacht.

im Norden Neuhollands. Die eigentlichen Neger bewohnen Mittelafrika, von Senegambien bis nach Nubien, und zerfallen in zahlreiche Völkerschaften mit bald mehr brauner, bald tief schwarzer Hautfarbe. Alle haben die auffallend schmale Stirn, überhaupt das schmale Gesicht mit der seitlich zusammengedrückten elliptischen Schädelbildung und eben deshalb ein relativ kleineres Gehirn mit weniger Windungen, welche Annahme jedoch Sömmering, der genaue Anatom des Negergehirnes, mit Unrecht wieder in Abrede stellte, wie kürzlich Huschke nachgewiesen hat. Ihre Augenhöhlen sind groß, aber nicht sehr tief, daher die Augen mehr vorspringen, und ihr Bart ist schwach, wie bei allen Afrikanern. Es ist eine rohe, noch ganz ungebildete, von zügelloser Leidenschaft beherrschte Völkergruppe. diese Negerwelt; obgleich, seit sie von Aegypten und Nubien aus zum Islam bekehrt worden, eine etwas bessere Sitte bei ihr sich geltend gemacht hat. Aber auch in dieser Form gehören die Neger zu den wildesten Menschen, bei denen ihr alter religiöser Kultus, der Fetischdienst, welcher in jedem beliebigen Außendinge eine finstere und unheilschwere Macht anerkennt, in seinen Wirkungen noch nachhallt, oder gar bei manchen Stämmen fortdauert. Von den Europäern seit Jahrhunderten als Sklaven gekauft, hat ein so unmenschlicher Handel nur dazu beigetragen, das arme Volk in seiner Rohheit zu unterstützen, zumal da auch der Menschenmord nicht nur kein Verbrechen in ihren Augen ist, sondern umgekehrt als Sühnopfer für die Gottheit und die Fetische in Masse gefordert wird. So treibt sie ihre religiöse Ansicht von selbst zum Menschenraube, und die natürliche Wildheit hat in dem reichen Erwerbe, den das Geraubte verspricht, eine desto sicherere Stütze gefunden. Nicht bloß daß Könige, wie sie sich nennen, ihre Unterthanen feil bieten, selbst die Eltern treiben ihre Kinder zu Markte und verkaufen sie für wenige Tuchstreifen an Sklavenhändler. Indeß auch über diese Selbstsucht hat der allmächtig fortschreitende Geist der germanischen Völker endlich gesiegt und die Schmach erkannt, welche vor Allem den Freien trifft, der den Unfreien als Waare behandelt; statt den Keim der Aufklärung, welcher in allen Menschen gleichmäßig wurzelt, in ihm zu wecken und zu beleben. — Die Kaffern oder Kafirs haben das mittlere Afrika unterhalb des Aequators inne und dehnen sich an der Ostküste weiter nach Süden bis zur Weihnachts-Bai (Port natal) hin aus. Sie sind nicht so wild, wie die eigentlichen Neger, allein bis jetzt ebenfalls noch völlig unkultivirt. Ein hoher kräftiger Wuchs, eine nicht ins Nußbraune spielende, vielmehr bronze-braune oder reiner schwarze Farbe, eine größere Nase mit erhabenem Rücken und eine höhere Stirn zeichnen sie physisch aus. Ihre Sprache verräth einige Beziehung zum Koptischen, und unterscheidet sich schon dadurch von den eigentlichen Negersprachen; dabei ist ihr Ton wohlklingend und ganz ohne das widrige Schnalzen, welches den Hottentotten sogleich anzeigt. Ihre Physionomie hat etwas Edles, Europäisches, und ihr Benehmen ist imponirend. Sie zerfallen

übrigens, gleich den ächten Negern, in zahlreiche kleinere Völkerschaften, von denen die Anakosas an der südlichen Küste die bekanntesten, die Betschuanen im Innern die schönsten sind. — Als besondere Eigenheit ist noch der Gebrauch des Tättowirens bei Kaffernnationen zu erwähnen, während er bei den westlichen Negern nicht vorzukommen scheint. —

Die Hottentotten bewohnten ursprünglich die ganze Südspitze Afrikas und die benachbarten Gegenden der Westküste, jetzt sind sie von der im Kaplande ansässigen europäischen Bevölkerung auf die letztgenannten Gegenden beschränkt worden. Sie unterscheiden sich von den übrigen Negerstämmen leicht durch ihre hellere kupferbraune Farbe, ihren kleineren schwächeren Körperbau, ihre auffallend schmalen Hände und Füße, ihre schmalen, nach innen abwärts geneigten Augen und ihre mehr rundlichen Schädel. Dadurch erinnern sie an die Mongolen. Auch sprachlich von den Kaffern, wie von den ächten Negern gleich stark abweichend, bilden die Hottentotten einen sehr armseligen, aber gut gearteten Menschenschlag, dessen fast thierische Verkümmerung, wie sie in den wasserlosen Einöden nördlich von den Grenzbergen der Kapkolonie bis zum Orange-Fluß unter der Form der Buschmänner dem Reisenden begegnet, an die äußersten Grenzen der Menschheit streift. Merkwürdig, daß gerade dieses Volk auch die eigenthümlichsten physischen Sonderbarkeiten uns darbietet, nämlich eine polsterförmige Entwickelung des Gesäßes bei den Frauen, und eine unter dem Namen der Hottentottenschürze bekannte Verlängerung ihrer inneren Schamlippen, welche jedoch dem Grade nach bei verschiedenen Individuen großen Schwankungen unterliegt und von den meisten älteren Beschreibern übertrieben angegeben worden ist. Daß diese dem fettreichen Zellgewebe der genannten Theile angehörige Entwickelung in derselben Erdgegend vorkommt, in welcher die Schaafe ein enormes Fettpolster am Schwanze bekommen, ist gewiß höchst beachtenswerth, und zeugt für die gleiche Wirksamkeit besonderer äußerer Beziehungen auf den Menschen, wie auf die Thiere. — Endlich die Papuas oder australischen Neger erscheinen äußerlich in einer den ächten Negern durchaus ähnlichen Form als die Küstenbewohner auf Neu-Guinea, das davon seinen Namen erhielt, und den benachbarten östlichen Inselgruppen in der Richtung bis nach Neu-Caledonien und den neuen Hebriden hin; kamen aber sonderbarer Weise auch auf Van-Diemensland vor, von wo sie jedoch durch die europäischen Ansiedler bereits verdrängt worden sind. Ihr Ansehen unterscheidet sich von dem der afrikanischen Neger nur durch längeres, dickeres, aber ebenfalls wollig gekräuseltes Haar, dem sie durch künstliche Bearbeitung eine perückenartige Form geben, indem sie es in die Höhe ziehen. Ihre Nase ist sehr breit und platt, und gewöhnlich, wenigstens bei den Männern, unten durchbohrt, um Zierrathe darin zu tragen; die Lippen sind dick, aber nicht gerade aufgeworfen; die Stirn wölbt sich höher als bei ächten Negern, und gleicht dem Kafferntypus; die Schädelbildung aber ist

nicht mehr elliptisch, sondern rundköpfig, obgleich die Papuas das weit vortretende Gebiß der ächten Neger behalten haben. Von den geistigen Zügen dieser Menschen läßt sich nicht viel Rühmliches berichten, alle Reisende schildern sie als äußerst wild und mörderisch, die jeden Ankömmling, der sie nicht in Schrecken zu halten weiß, umbringen und verzehren. Unter diese Unmenschen gerieth der unglückliche La Peyrouse, als er bei Vanicoro, einer Insel des St.-Cruz-Archipels, mit seiner ausgesuchten Mannschaft strandete, und theilte das Loos aller Schiffbrüchigen, welche den Papuas in die Hände fallen; wenn nicht, wie es wahrscheinlicher ist, das feindliche Element sie alle den Kannibalen entriß, und ihnen einen sanfteren Tod gab. —

V. Nachdem wir in den vorhergehenden vier Rassen des Menschengeschlechtes fast alle Nationen der Erde unseren Lesern übersichtlich vorgeführt haben, bleibt uns als eine besondere Form noch die Urbevölkerung Neuhollands übrig, deren Eigenschaften eben so merkwürdig sind, wie die organischen Eigenthümlichkeiten ihres Heimathsgebietes. Sie haben nämlich die rußschwarze Haut der Negernationen, selbst die schmale elliptische Schädelbildung, das weit vorragende Gebiß mit den dicken, nicht aufgeworfenen Lippen und die breite Nase, unterscheiden sich aber von ihnen durch rauhes schlichtes oder leicht gekräuseltes, nicht sehr langes, nie wolliges Haar, merkwürdig dicke Bäuche, stark behaarten Rumpf, und eine ganz auffallend affenartige Schlankheit der Gliedmaßen [17]). Sie ist um so widerlicher, als die breite herabhängende Nase, welche die Neuholländer, gleich den Papuas, zu durchbohren und mit Zierrathen zu verunstalten pflegen, nebst der angegebenen Lippenbildung und Behaarung diese Aehnlichkeit noch unterstützt, und zu einer wahrhaft überraschenden macht, so daß allerdings diese Völker, ohne die wesentlichen Charaktere der Menschheit zu verlieren, ganz deutlich an das menschliche Zerrbild des Affen mahnen. Von ihrer geistigen Schwachheit wissen die Reisenden eine nicht minder traurige Schilderung zu geben. Ohne alle bestimmten Wohnsitze streifen sie sparsam vertheilt auf abgeschlossenen Jagdgebieten der verschiedenen Stämme in den lichten Waldungen ihres Continents umher, hier oder an der Küste ihre kärgliche, fast ausschließlich dem Thierreiche entnommene Nahrung sich suchend; denn der Mangel eßbarer Früchte ist in Neuholland überall gleich groß. Dadurch auf eine besondere Jagdgewandtheit angewiesen, wissen sie den Speer und die Keule, ihre einzigen Waffen, mit Geschicklichkeit gegen Menschen und große Thiere, besonders die Känguruhs, zu benutzen, verschmähen aber in Ermangelung dieser kein anderes Geschöpf, dessen sie habhaft werden können. Ihre Kleidung besteht lediglich aus Känguruhfellen, von welchen zumal die Weiber größere

17) Man vergl. die ausführliche Schilderung von H. Köler im Monatsbericht der Berliner geogr. Gesellsch. III. 43 ff. und neue Folge I. 34.

um den ganzen Leib wickeln, während Männer und Kinder kleine Häute schurzartig vorbinden. Zum Schmuck ihres Körpers schneiden sie symmetrische Streifen oder Ringe in die Haut, deren gefärbte Schwielen gegen das kunstreiche Tättowiren der oceanischen Völker sehr abstechen, und die geringeren Anlagen der Neuholländer deutlich verrathen. Von religiösen Vorstellungen und Gebräuchen hat man bis jetzt keine Spur bei ihnen wahrgenommen; und ihre Sprache scheint eine der unvollkommensten zu sein. Die Verba z. B. sollen nur als Infinitiva existiren, und die Zählung reicht nicht über 7 hinaus; sie wird lediglich durch die Zahlen 1 und 2 bewirkt, indem aus ihnen durch Addition die höheren Zahlen gebildet werden; was über 7 geht, ist „ungeheuer groß" und wird stets durch ein und dasselbe Wort bezeichnet. —

Uebrigens scheint eine dem neuholländischen Stamme durchaus ähnliche Bevölkerung auch im Innern von Neu-Guinea vorzukommen, und sich von den kraushaarigen Papuas der Küsten, mit denen sie in immerwährender Fehde lebt, wohl zu unterscheiden. Unter den Namen der Endamenen und Mairassis haben Reisende diese Völkerschaften angeführt, bis jetzt aber nur ein unvollständiges Bild von ihnen entworfen, weshalb wir auf ihre genaue Charakteristik Verzicht leisten müssen. So viel steht jedoch fest, daß die Bevölkerung im Innern der großen Sunda-Inseln, welche man als Alfures und Horafores von den malayischen Küstenbewohnern unterschied, nicht hieher gehört, sondern den ächten Malayen am nächsten kommt, und mit ihnen zu derselben Hauptrasse gezählt werden muß [18]).

Indem wir mit diesen häßlichsten und dem Ideal künstlerischer Vollkommenheit am wenigsten entsprechenden Formen des Menschengeschlechtes die Uebersicht seiner wichtigsten organischen und nationalen Verschiedenheiten beschließen, sind wir zugleich an das Ende unserer ganzen Betrachtung gelangt. Von dem nebelförmigen Ursprunge des Weltalls anhebend, sahen wir die Gestaltung und zeitliche Vollendung desselben nach allgemeinen, der Materie inwohnenden Kräften vor sich gehen; wir sahen diese Kräfte mit einander in Streit gerathen, und die gewaltigen Störungen, welche daraus entsprangen, zur Weiterbildung des Ganzen wie des einzelnen Planeten wesentlich beitragen. Als vermittelst solcher Kämpfe auf der Oberfläche unseres Planeten Meer und Land neben einander bestanden, nahm der organische Proceß seinen Anfang; aber Aenderungen in dem Verhältniß beider Oberflächenbestandtheile zu einander bewirkten wiederholte Umwälzungen, welche die jedesmalige organische Welt vernichteten und die Entwickelung einer anderen, theilweis abweichenden, in der neuen Erdepoche

---

18) Ich beziehe mich besonders auf das kürzlich erschienene Werk meines Freundes F. Junghuhn über die Batta-Länder auf Sumatra (Berl. 1846. 8. 2 Bde.), worin anhangsweise alle Völkerschaften der Sunda-Inseln behandelt sind.

veranlaßten. Wie endlich auch diese Störungen ausgeglichen und die heutigen Oberflächenverhältnisse erreicht worden waren, erscheint der Mensch auf der Erde, die Krone der Schöpfung und ihr Herr, wegen des geistigen Lebens, der Selbstbetrachtung und sittlichen Freiheit, die sein unterscheidendes Erbtheil ausmachen. Durch sie zu einer selbstständigen Fortbildung und höheren geistigen Entwickelung befähigt, hat er sich je nach den Oertlichkeiten seiner Heimath und den mannigfachen Veranlassungen, welche aus ihm selber im Zusammenleben der Individuen entsprangen, dieses Vorzuges würdig gezeigt, oder nicht; er ist theils auf der ersten untersten Stufe fast thierischer Rohheit stehen geblieben, oder zu der intellektuellen, sittlichen und religiösen Ausbildung emporgestiegen, mit welcher als dem mühsamen Erwerbe von drei Jahrtausenden ausgerüstet, gegenwärtig die romanischen, germanischen und slavischen Nationen dastehen. Obwohl zarteren Körperbaues als viele der übrigen Völkerschaften, zeichnen sich die genannten durch eine seltene Stärke ihres Geistes aus, und sind eben deshalb dazu berufen worden, die Herrschaft der Welt zu führen und das übrige Geschlecht zu leiten. Der Wetteifer, worin sie ihre Bestimmung, die geistigen Vorkämpfer der Menschheit zu sein, gebracht hat, ward für sie ein bleibender Sporn, die mühsam errungene Höhe weiter zu behaupten; aber auch oft die verheerende Gewalt, welcher sie theilweis schon erlagen und ferner erliegen werden, wenn sie die Mäßigung und Selbstbeherrschung, zu denen, als den natürlichen Grundlagen aller wahren Gesittung, ihre eigene Bildungsstufe sie auffordert, aus den Augen verlieren. Es sind diese Lehren des Christenthums, worauf sich seine Verheißung als Weltreligion gründet; eine Verheißung, die in Erfüllung gehen wird, sobald dasselbe von den Fesseln der Hierarchie und des Aberglaubens völlig befreit ist. Wenn dann die Liebe, welche die Duldung jedweder Anschauungsweise, so lange sie den sittlichen Boden nicht verlassen will, von uns fordert, als das Wesen ächter Bildung alle Klassen der Gesellschaft gleichmäßig durchdrungen hat, wird sich die Menschheit dem Ziele ihrer Aufgabe nahen, wandelnd vom Wahne erlöst im Lichte der Wissenschaft, die sie geboren, und gehoben vom Selbstbewußtsein der Freiheit, die sie errungen hat. Diese letzten, höchsten Güter sich zu bewahren, sie unveräußerlich im Sinne der Völker zu befestigen, und allseitig unter ihnen zu verbreiten; das wird die fernere Aufgabe derer bleiben, die sich derselben schon jetzt erfreuen. —

Druck von Otto Wigand in Leipzig.